

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Núcleo de Computação Eletrônica

Rodrigo de Lucena Branco

**REDES DE COMPUTADORES:
OTIMIZAÇÃO DO TRÁFEGO DE
IMAGENS DE SATÉLITE DE ALTA
RESOLUÇÃO COMPACTADAS PELO
MÉTODO “WAVELET”**

**Rio de Janeiro
2006**

Rodrigo de Lucena Branco

**REDES DE COMPUTADORES: OTIMIZAÇÃO DO
TRÁFEGO DE IMAGENS DE SATÉLITE DE ALTA
RESOLUÇÃO COMPACTADAS PELO MÉTODO
“WAVELET”**

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista em Gerência de Redes de Computadores no Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gerência de Redes de Computadores e Tecnologia Internet do Núcleo de Computação Eletrônica da Universidade Federal do Rio de Janeiro – NCE/UFRJ.

Orientador:

Prof. Ubiratan Porto dos Santos, Ph.D., UFRJ, Brasil

Rio de Janeiro

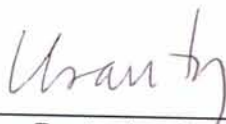
2006

Rodrigo de Lucena Branco

**REDES DE COMPUTADORES: OTIMIZAÇÃO DO
TRÁFEGO DE IMAGENS DE SATÉLITE DE ALTA
RESOLUÇÃO COMPACTADAS PELO MÉTODO
“WAVELET”**

Monografia apresentada para obtenção do título de
Especialista em Gerência de Redes de Computadores no
Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gerência de
Redes de Computadores e Tecnologia Internet do Núcleo
de Computação Eletrônica da Universidade Federal do Rio
de Janeiro – NCE/UFRJ.

Aprovada em Maio de 2006.



Prof. Ubiratan Porto dos Santos, Ph.D., UFRJ, Brasil

AGRADECIMENTOS

Agradeço a empresa Furnas Centrais Elétricas S.A. por ter proporcionado o curso de pós-graduação no NCE. Muitos conhecimentos foram solidificados e esperamos poder prover todas as soluções em prol da empresa auxiliando assim seu crescimento.

Agradeço ao meu gerente Luiz Octávio por depositar a confiança no meu potencial e autorizar a divulgação de informações a respeito de sistemas internos da empresa a fim de melhorar o conhecimento de determinadas tecnologias. Em especial, ao geógrafo DANIEL que trabalha em Furnas Centrais Elétricas S.A., no setor de Geoprocessamento, e contribuiu muito com as informações disponibilizadas.

Agradeço a meus familiares por me apoiarem e sempre me darem forças para conseguir meus objetivos, principalmente a minha esposa Viviane por me ajudar e compartilhar dos momentos felizes e corridos por falta de tempo.

RESUMO

BRANCO, Rodrigo de Lucena. **REDES DE COMPUTADORES: OTIMIZAÇÃO DO TRÁFEGO DE IMAGENS DE SATÉLITE DE ALTA RESOLUÇÃO COMPACTADAS PELO MÉTODO “WAVELET”** Monografia (Especialização em Gerência de Redes de Computadores e Tecnologia Internet). Núcleo de Computação Eletrônica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro”, 2005.

Com o avanço tecnológico, conseguimos obter através de satélites imagens de alta resolução. Temos atualmente uma verdadeira água de olhos aguçados no espaço. Essa tecnologia nos possibilitou entender alguns problemas, solucionar outros e até mesmo prevenir grandes tragédias.

Os Sistemas de Informações Geográficas disponibilizaram a solução tecnológica espacial e proveram soluções nas áreas de: gestão municipal, meio ambiente, planejamento estratégico de negócios, agronegócios e outras. O trabalho a seguir esta baseado na solução SIG para o setor elétrico.

Este trabalho tem como objetivo apresentar a técnica utilizada no tráfego em rede de imagens de satélite de alta resolução no sistema de informação geográfico GISFURNAS, da empresa Furnas Centrais Elétricas.

A necessidade de utilizarmos imagens de satélite de alta resolução começou a gerar grandes problemas no tráfego em rede de computadores e problemas de armazenamento. O trabalho a seguir apresenta o detalhamento da tecnologia baseada no funcionamento do software Geo Express with MrSIDTM da empresa LIZARDTECH. A tecnologia é utilizada pela empresa Furnas Centrais Elétricas S.A. em seu sistema de informações geográficas chamado GISFURNAS.

ABSTRACT

BRANCO, Rodrigo de Lucena. **Sistema de Informações Geográficas de Alta Performance: tráfego em rede de imagens de satélite de alta resolução.** Monografia (Especialização em Gerência de Redes de Computadores e Tecnologia Internet). Núcleo de Computação Eletrônica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro”, 2005.

With advanced technology, we have been able to obtain images of high resolution through satellites. Nowadays we have a truly sharp eyed eagle in space. This technology enables us to understand problems, solve others and even prevent tragedies.

Systems of geographical information united the spatial technological solution and provided solutions in areas such as: municipal administration, environment, business strategic planning, agribusiness and others.

The need of using satellite images of high resolution started to cause big problems in the traffic of computer networks and storage problems. The following work presents detailed technology based on GEO EXPRESS with MrSIDTM software of LIZARDTECH company. This technology is used by FURNAS CENTRAIS ELETRICAS S.A. in its geographical information called GISFURNAS.

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 – Diagramação da estrutura de um SIG - Conceito</i>	14
<i>Figura 2 – Área de atuação de Furnas Centrais Elétricas - GISFURNAS</i>	15
<i>Figura 3 – Aplicação com seleção de subestação, linha de transmissão e usina.</i>	16
<i>Figura 4 – Seleção de linha Angra – Santa Cruz e visão de torres</i>	16
<i>Figura 5 – Sensores da RINDAT</i>	17
<i>Figura 6 – Descargas atmosféricas na área de atuação de FURNAS</i>	18
<i>Figura 7 – Software LTRAX</i>	18
<i>Figura 8 – Focos de Calor</i>	19
<i>Figura 9 – Distância do foco para a torre de FURNAS</i>	20
<i>Figura 10 – Focos de calor no PARANÁ</i>	20
<i>Figura 11 – Diagrama Unifilar de uma subestação</i>	21
<i>Figura 12 – Informação de um Disjuntor de AR Comprimido</i>	22
<i>Figura 13 – Recuperação no banco de um objeto geométrico</i>	24
<i>Figura 14 - Esquema cliente / Servidor GISFURNAS</i>	24
<i>Figura 15 – Esquema estruturado do Sistema GisFurnas</i>	26
<i>Figura 16 - Diferentes tipos de informações disponíveis em</i>	29
<i>Figura 17 - Imagem bidimensional do terreno exemplificada por um subcena</i>	30
<i>Figura 18 - Imagem sinótica de um satélite meteorológico</i>	30
<i>Figura 19 – Relação Informação Sensor</i>	34
<i>Figura 20 – Tabela de resolução</i>	35
<i>Figura 21 - Imagem de alta resolução do satélite Ikonos</i>	36
<i>Figura 22 - Imagem LANDSAT</i>	36
<i>Figura 23 - Imagem Ikonos</i>	37
<i>Figura 24 – Imagem do Mapguide Author</i>	38
<i>Figura 25 – Software de monitoramento de rede</i>	39
<i>Figura 26 – Imagem esquemática do uso da ferramenta em Sistemas de Informações Geográficas.</i>	43
<i>Figura 27 – Imagem esquemática do ambiente MR.SID (GISFURNAS).</i>	44
<i>Figura 28 – Mosaico de Textura.</i>	49
<i>Figura 29 – Imagem da textura dos tijolos</i>	51
<i>Figura 30- Método Wavelet</i>	52
<i>Figura 31 – Ícone do Software MR.SIDTM</i>	53
<i>Figura 32 – Tela principal do aplicativo</i>	53
<i>Figura 33 – Ícone no aplicativo para conversão</i>	54
<i>Figura 34 – Tela de seleção de imagens</i>	54
<i>Figura 35 - Tela de seleção de imagens</i>	54
<i>Figura 36 - Tela de seleção de imagens</i>	55
<i>Figura 37 - Tela de seleção de imagens</i>	55
<i>Figura 38 - Tela de seleção de imagens</i>	55
<i>Figura 39 - Tela de seleção de imagens</i>	56
<i>Figura 40 – Tela de configuração para compactação</i>	56
<i>Figura 41 - Tela de configuração para compactação</i>	56
<i>Figura 42 - Tela de configuração para compactação</i>	57
<i>Figura 43 - Botão para iniciar processo</i>	57
<i>Figura 44 - Tela que indica status do processo</i>	57
<i>Figura 45 - Tela de finalização e tamanhos alcançados</i>	58
<i>Figura 46 - Software de monitoramento de rede</i>	59

LISTA DE ABREVIações

BACKBONE	<i>É Uma Rede De Alta Velocidade</i>
ERTS	<i>Earth Resources Technology Satellite</i>
ERTS-1	<i>Earth Resources Technology Satélite</i>
GB	<i>Gigabytes</i>
GIS	<i>Geographic Information System</i>
GISFURNAS	<i>Sistema Geográfico De Informação De Furnas Centrais Elétricas S.A.</i>
GPS	<i>Sistema De Posicionamento Global</i>
HUB	<i>Equipamento Ativo De Rede, Opera Na Camada De Enlace</i>
IDC	<i>International Data Corporation</i>
LANDSAT	<i>Land Remote Sensing Satellite</i>
LP	<i>Linha Privada</i>
MR.SIDTM	<i>Multi-Resolution Seamless Image Database</i>
NASA	<i>National Aeronautics And Space Administration</i>
NOAA	<i>National Oceanographic Atmospheric Administration</i>
PC	<i>Micro Computador</i>
PCD's	<i>Plataforma De Coleta De Dados</i>
SAN	<i>Storage Área Network</i>
SGBDG	<i>Sistema Gerenciador de Banco de Dados Geográfico</i>
SIG	<i>Sistemas De Informações Geográficas</i>
SWITCH	<i>Equipamento Ativo De Rede, Opera Na Camada De Enlace</i>
TIF	<i>Formato de Imagem Raster</i>
TIROS	<i>Television Infrared Observation Satélite</i>
WAN	<i>Rede De Longa Distância</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 MOTIVAÇÃO	11
1.2 OBJETIVO	11
2 O QUE SÃO OS SIGs (SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICO) E A GEOINFORMAÇÃO	13
2.1 PRINCIPAIS APLICAÇÕES NO SETOR ELÉTRICO	15
2.1.1 UTILIDADES	15
2.1.2 UTILIDADES – DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	17
2.1.3 UTILIDADES – FOCOS DE CALOR	19
2.1.4 UTILIDADES – MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO	21
3 SIG DE ALTA PERFORMANCE	23
3.1 APLICAÇÃO CLIENTE / SERVIDOR	24
3.2 INFRA-ESTRUTURA DE REDE	26
4 SENSORIAMENTO REMOTO	27
4.1 TIPOS DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO	28
4.2 PLATAFORMAS DE SENSORIAMENTO REMOTO	31
4.3 UTILIZAÇÃO DAS IMAGENS DE SATÉLITE DE ALTA RESOLUÇÃO	34
5 PROBLEMAS NO TRÁFEGO DE IMAGENS DE ALTA RESOLUÇÃO	38
6 PROBLEMAS NO ARMAZENAMENTO DE IMAGENS	40
7 APLICAÇÃO MR.SIDTM	42
8 ESTRUTURA DE REDE PARA USO DA FERRAMENTA	44
9 MÉTODO WAVELET	45
9.1 TEXTURA	48
9.2 CONCEITO WAVELETS	49
9.3 BORDAS EM MULTIESCALA E MULTIRRESOLUÇÃO E WAVELETS	50
10 UTILIZAÇÃO E DESEMPENHO DO MR.SIDTM	53
10.1 UTILIZAÇÃO DO MR.SIDTM	53
10.2 DESEMPENHO DO MR.SIDTM	58
11 CONCLUSÃO	60
12 BIBLIOGRAFIA	61

1 INTRODUÇÃO

Com o avanço tecnológico no que diz respeito à informática, telecomunicações e infra-estrutura de rede observamos a convergência de várias áreas utilizando a tecnologia proporcionada pela informática, agregando dados específicos e produzindo informações importantes e sensíveis ao tempo.

Grandes sistemas de informações são criados, tendo como força a entrada de vários dados colhidos ao longo do tempo, tratados de forma inteligente esses dados, observamos grandes soluções para grandes problemas dos dias atuais.

O trabalho que segue tem como compromisso, apresentar o SIG (Sistema Geográfico de Informação) de alta performance da empresa Furnas Centrais Elétricas S.A. e principalmente detalhar a solução encontrada para tratar o tráfego de imagens de satélites de alta resolução dentro da aplicação corporativa.

No decorrer da pesquisa quando utilizarmos a expressão SIG, significa fazermos uma referência aos Sistemas de Informações Geográficas. Foi construído um capítulo detalhando o que seriam os SIGs e qual a sua utilidade, porque é na explicação do seu funcionamento e as características que podem ser agregadas a ele que está baseado o objetivo desse trabalho.

Todavia sabemos que grandes empresas passam a gerar grandes tráfegos de rede, e imagens de satélite de alta resolução podem vir a contribuir para a degradação de redes de computadores, sem contar que armazenar essas grandes imagens é uma tarefa difícil.

Muitas empresas em diversos setores utilizam os SIG (Sistema de informação Geográfica) a fim de agregar o diferencial aos serviços prestados e conseguir de forma mais rápida, solucionar problemas, planejar, projetar e etc..

Segundo CÂMARA E MONTEIRO (2001) trabalhar com geoinformação significa, antes de mais nada, utilizar computadores como instrumentos de representação de dados espacialmente referenciados.

1.1 MOTIVAÇÃO

Quando fora criado o GISFURNAS, algumas necessidades foram sendo naturalmente concebidas. A funcionalidade do sensoriamento remoto, ou seja, a inserção de imagens de satélite para análise de regiões e interpretação de acontecimentos nas áreas de atuação da empresa se faz necessária.

Começaram a ser avaliadas as primeiras imagens de satélite, o que foi observado é que se tratavam de grandes arquivos. Todas essas informações seriam trafegadas na rede local e em “links” Internet, que poderiam ser de alta velocidade ou não.

A necessidade de melhores resoluções para agregar qualidade e confiabilidade aos projetos desenvolvidos, fez com que a empresa adquirisse imagens de satélite de alta resolução. Sendo assim grandes arquivos de imagens teriam que ser armazenados e distribuídos via rede de computadores. O tamanho dessas imagens dificultou o tráfego na rede, degradando a performance do sistema principalmente para as áreas regionais da empresa que dependem de “links” Internet que não tem a mesma velocidade de uma rede de computadores local .

Esse quadro motivou o estudo de novas tecnologias para que seja possível a visualização dessas imagens sem perda de performance do sistema e a não degradação da rede computacional local e dos “links” Internet, porque sabemos que nesses link também trafegam outros dados importante para a empresa.

1.2 OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo testar a técnica de compactação implementada no software MR.SIDTM no tráfego em rede das imagens de satélite de alta resolução, no ambiente GISFURNAS. Apresentar o sistema de informação geográfico GISFURNAS, da empresa Furnas Centrais Elétricas, a técnica utilizada no tráfego em rede de imagens de satélite de alta resolução baseada no software MR.SIDTM.

Por se tratar de imagens com alta resolução, dificuldades em seu armazenamento por causa de tamanho e principalmente a visualização da imagem via rede torna-se difícil.

Com o avanço tecnológico, tanto da parte computacional quanto da parte de telecomunicação, uma saída para esse problema seria o aumento imediato de “links” Internet e a compra de novos equipamentos, melhorando a infra-estrutura local, isso significaria melhoramentos físicos.

Essa saída tem o custo alto, para muitas empresas que necessitam trafegar esse tipo de imagem.

Sendo assim a empresa Furnas Centrais Elétricas, optou por estudar e implementar, o aplicativo desenvolvido pela empresa LIZARDTECH o GeoExpress with MrSIDTM . Este aplicativo é capaz de realizar uma compactação da imagem de satélite, já eliminando o problema de armazenamento. Com relação ao tráfego em rede, que é o ponto crucial da pesquisa, foi constatado através de testes, que estarão melhor exemplificados a frente, a eficiência na transmissão e recepção do arquivo compactado pelo software é grande, o que dispensaria qualquer modificação física dos equipamentos das empresas.

Sendo assim, a saída técnica é apresentada nesse trabalho, mostrando assim ao mundo acadêmico, uma solução utilizada no mundo real por empresas do setor elétrico que trabalham com o segmento de geoprocessamento visando melhorar a qualidade do serviço disponibilizado.

2 O QUE SÃO OS SIGs (SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICO) E A GEOINFORMAÇÃO

Segundo SOUZA (1998) a representação do espaço físico sempre foi a preocupação do ser humano desde os primórdios da construção de sua civilização. No início, por meio de inscrições nas paredes de grutas e cascas de árvores, evidenciando a preocupação em transmitir, para gerações futuras, informações, como, os segredos das rotas de caça, da localização de fontes e de áreas de segurança e de zonas de perigo.

O homem também demarcou rotas, sejam elas marítimas, terrestres ou fluviais. Entretanto, sabe-se que essa necessidade não é exclusiva do ser humano, pois animais selvagens, como os pássaros, que percorrem a cada ano trajetos para refúgios hibernais e outros animais que procuram pastagens no verão, tendo gravado misteriosamente em memória, o mapa de seus territórios naturais.

O desejo de representar o meio em que vive está sempre presente no ser humano, que o realiza por meio de estruturas abstratas, como, as cartas. Existem registros desses documentos desde 6 000 a.C., eles guardam características próprias e marcantes da época em que foram elaboradas.

Para o ser humano atingir seu objetivo de representar o espaço físico o mais próximo possível da realidade, empenhou - se bastante no avanço tecnológico, para tanto, informatizou todo o processo de representação, atualmente utiliza - se instrumentos, como, satélites e GPS e alia-se aos computadores, obtendo com isso precisão dos dados utilizados e gerados.

Cabe ressaltar que, atualmente, o problema não é apenas representar ou registrar o meio físico, buscam-se horizontes mais amplos. O aumento das populações gera problemas, como a forma inadequada de usar o meio físico para garantir a sobrevivência da espécie humana.

Daí provém a importância do melhor conhecimento do meio físico para melhor usufruir das suas potencialidades e reconhecer suas limitações.

Entende - se aqui como meio físico a forma de relevo, a distribuição da água, os solos e as rochas, características físicas e químicas do terreno e seu comportamento frente as solicitações e a sua cobertura vegetal.

Atualmente, essa representação utiliza-se da ferramenta do geoprocessamento, que é um conjunto de técnicas computacionais relacionando

coleta, armazenamento e tratamento de informações espaciais ou georreferenciadas.

As informações georreferenciadas têm como característica principal a localização e estão ligadas a uma posição específica do globo terrestre por meio de suas coordenadas geográficas.

De acordo com CABRAL (2001), os SIG são ferramentas poderosas que permitem o armazenamento, a integração, a edição, a extração de informações, a visualização e a análise de dados georreferenciados, sendo de grande utilidade dada a natureza espacial da informação, constituindo assim uma ferramenta fundamental no auxílio a tomada de decisão.

Para THO (1998), o termo sistema de informação geográfica SIG, é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos. Devido à sua ampla gama de aplicações, que inclui temas como agricultura, florestas, cartografia, cadastro urbano e redes de concessionária (água, energia e telefonia).

Numa visão abrangente pode-se considerar que um SIG tem os seguintes componentes: interface com o usuário; entrada e integração de dados; funções de processamento; visualização e plotagem; e armazenamento e recuperação de dados (organizados sob a forma de um banco de dados geográficos). A Figura abaixo mostra o esquemático que irá exemplificar um SIG.

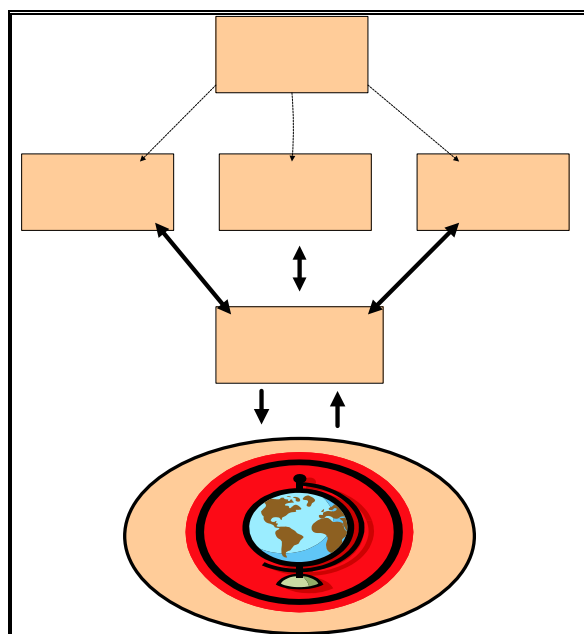


Figura 1 – Diagramação da estrutura de um SIG - Conceito

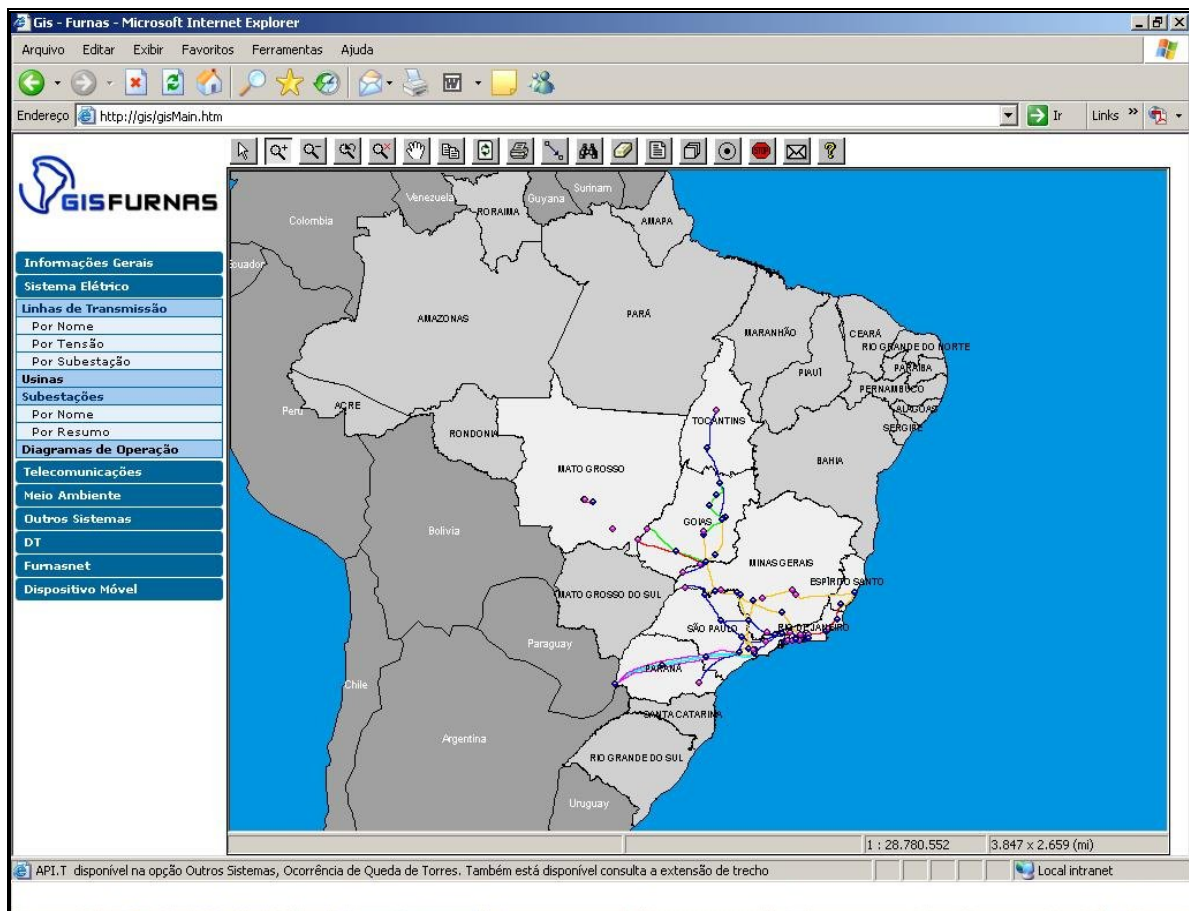


Figura 3 – Aplicação com seleção de subestação, linha de transmissão e usina.

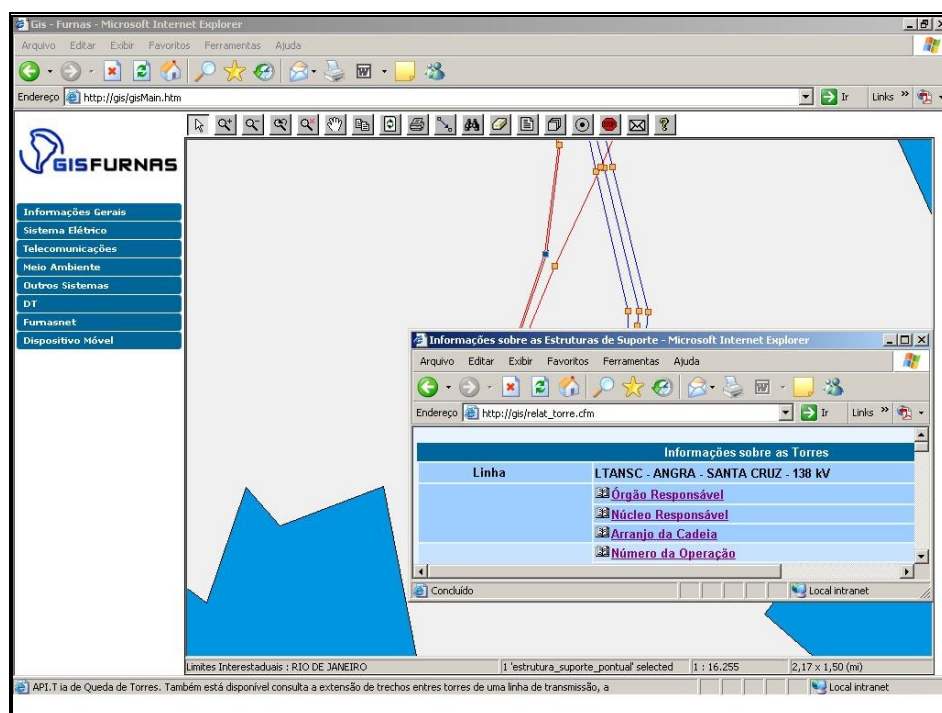


Figura 4 – Seleção de linha Angra – Santa Cruz e visão de torres

2.1.2 UTILIDADES – DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

O GISFURNAS também apresenta dados de descargas atmosféricas que são obtidos através da RINDAT (Rede Integrada Nacional de Detecção de Descargas Atmosféricas), esta rede possui sensores espalhados pelo BRASIL, a maior parte esta concentrada na área de atuação da empresa FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS.

Em se tratando de uma empresa do setor elétrico, que tem por obrigação gerar e transmitir energia até as distribuidoras, aspectos de desligamento por raios e tempestades severas devem sempre ser monitorados e avaliados, observamos assim a necessidade e utilidade da aplicação no setor elétrico principalmente.

Outras aplicações poderiam também ser levadas em consideração, a Defesa Civil, tendo conhecimento dos dados, poderiam melhor estruturar seus atendimentos nas grandes tempestades. Provendo assim um melhor serviço a população. Segue abaixo imagens do sistema e região onde encontram - se os sensores.

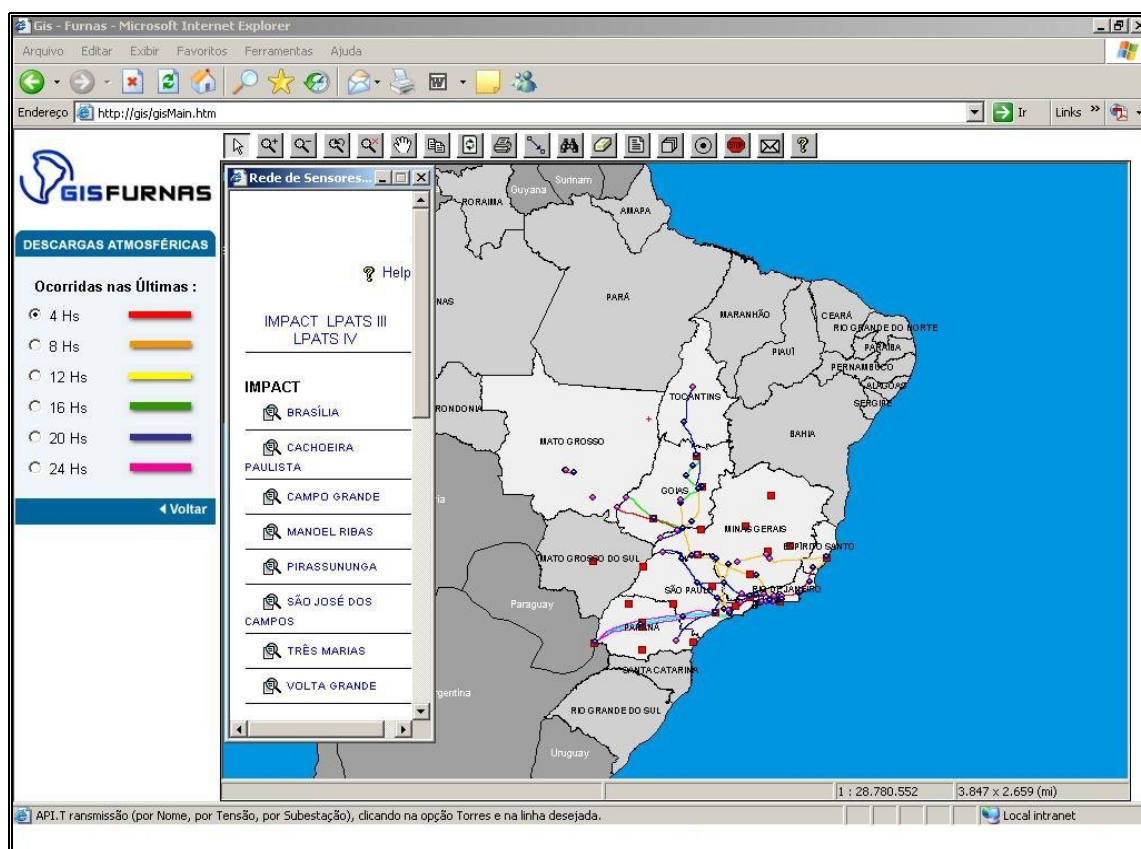


Figura 5 – Sensores da RINDAT

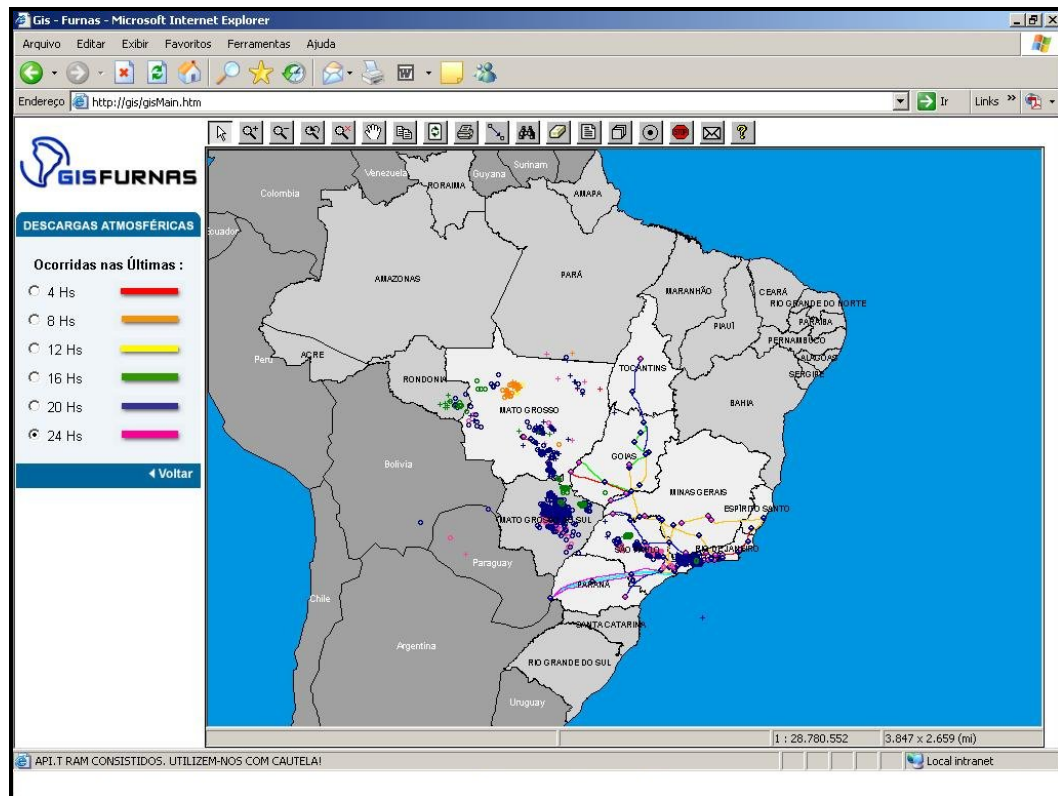


Figura 6 – Descargas atmosféricas na área de atuação de FURNAS

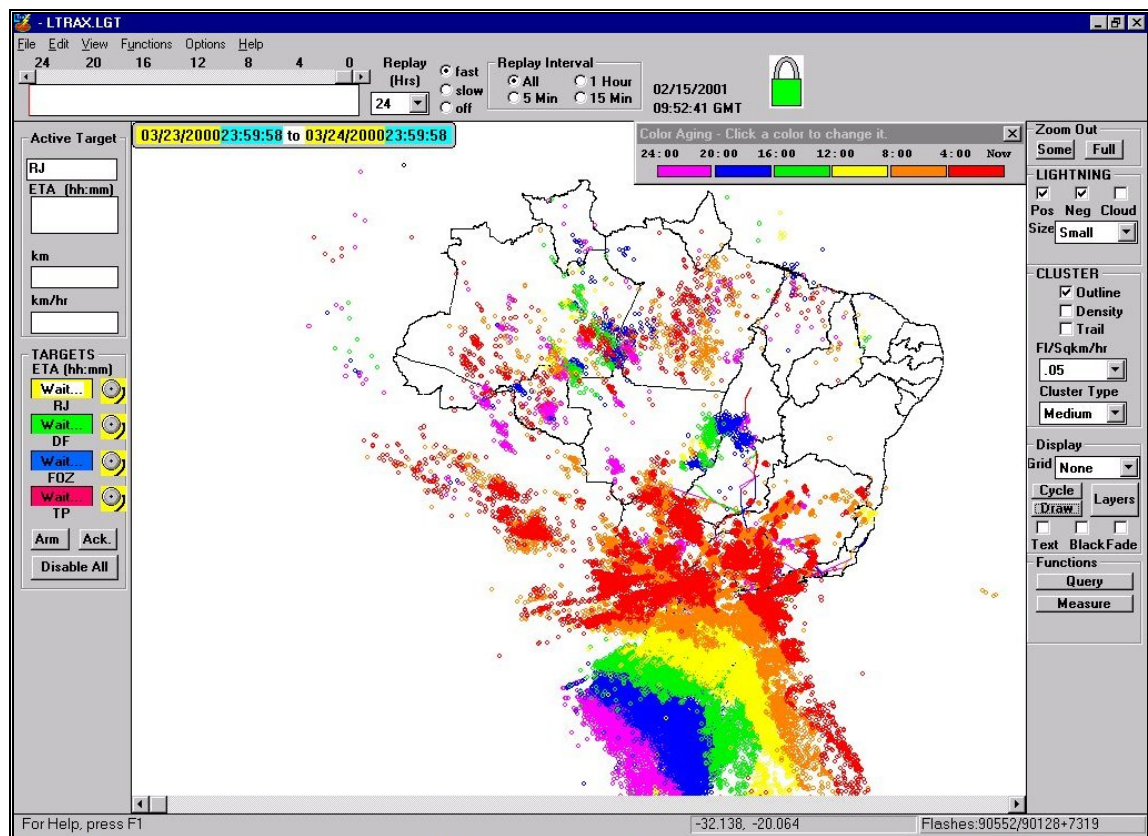


Figura 7 – Software LTRAX

2.1.3 UTILIDADES – FOCOS DE CALOR

O monitoramento de queimadas na área de atuação da empresa, também é importante. Assim como as descargas atmosféricas, a intensidade de uma queimada poderá afetar o bom funcionamento de uma linha de transmissão, ou até mesmo afetar diretamente uma torre da linha.

Avaliando esse quadro, a empresa mostrou interesse em introduzir esta aplicação no SIG (GISFURNAS), o módulo que cuida do monitoramento de queimadas busca junto ao INPE, em seus satélites, dados de foco de calor registrados em todo o BRASIL.

A aplicação de queimada, também mostra a sua utilidade para os órgãos ambientais que controlam o desmatamento e até mesmo para os órgãos de meteorologia.

Ilustrado abaixo estão imagens de focos de calor fornecidas pelo GISFURNAS.

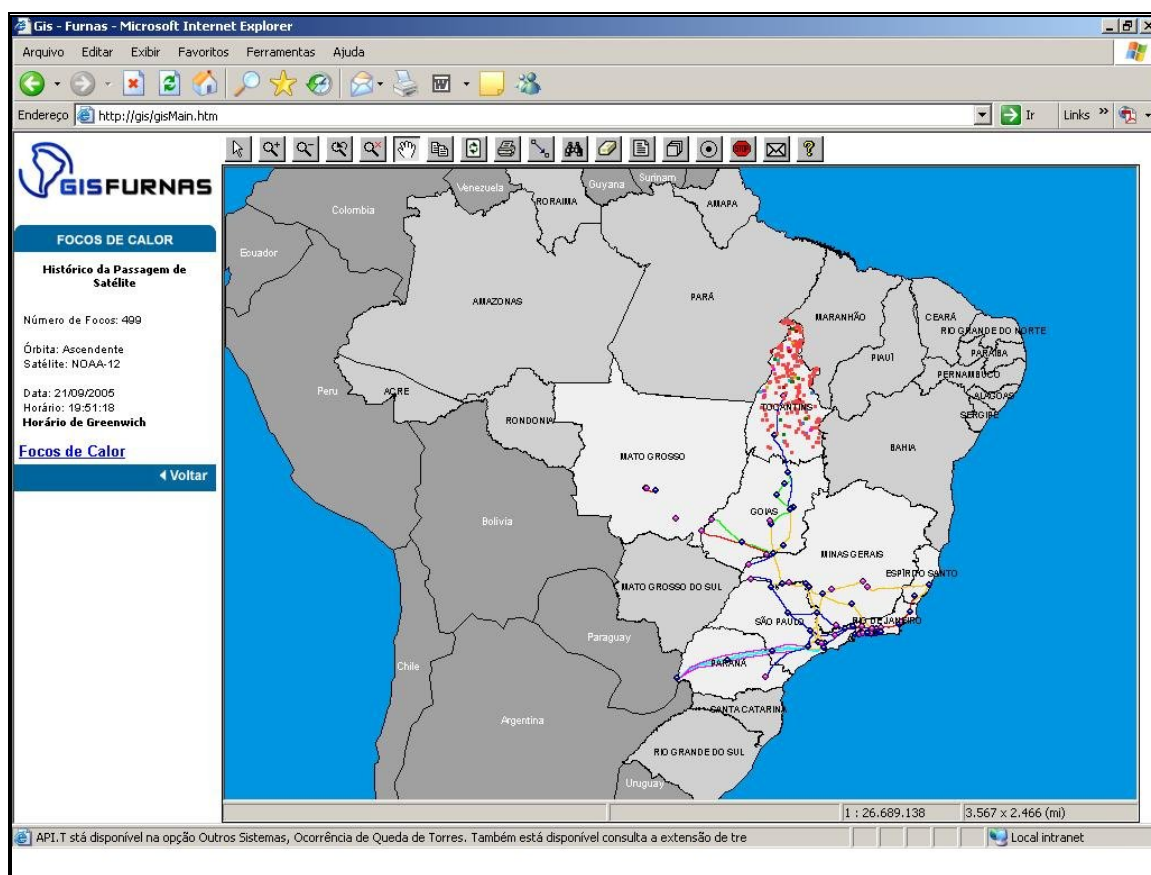


Figura 8 – Focos de Calor

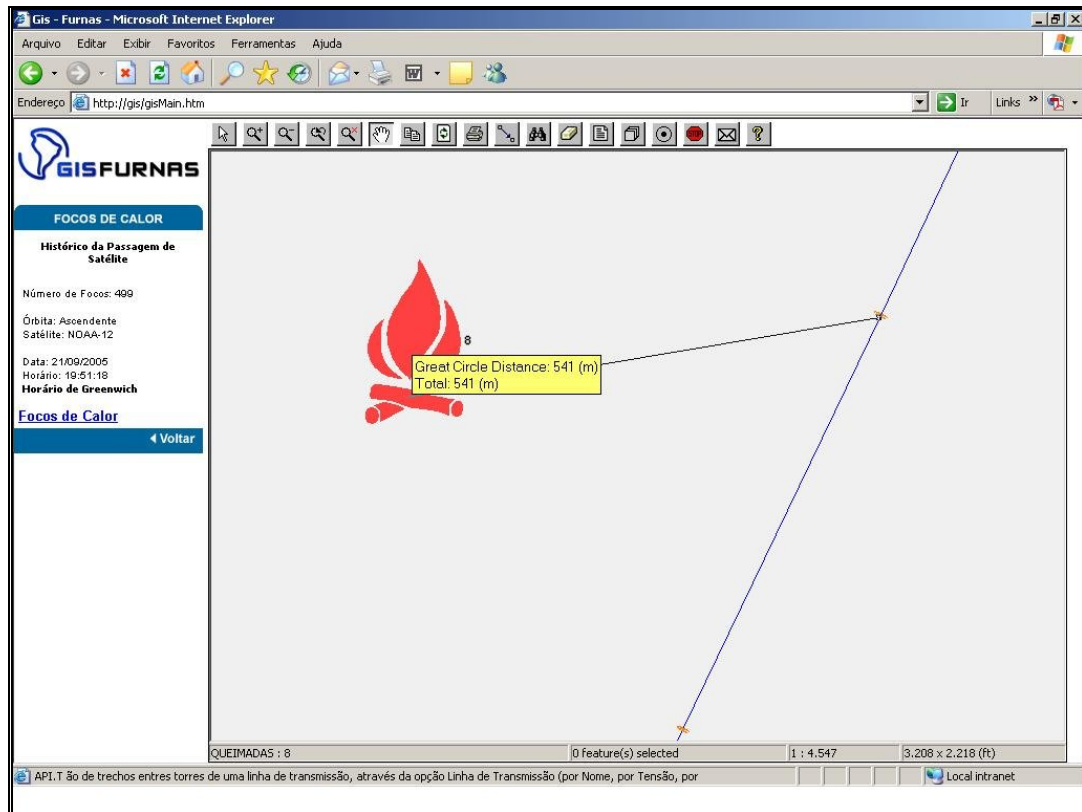


Figura 9 – Distância do foco para a torre de FURNAS

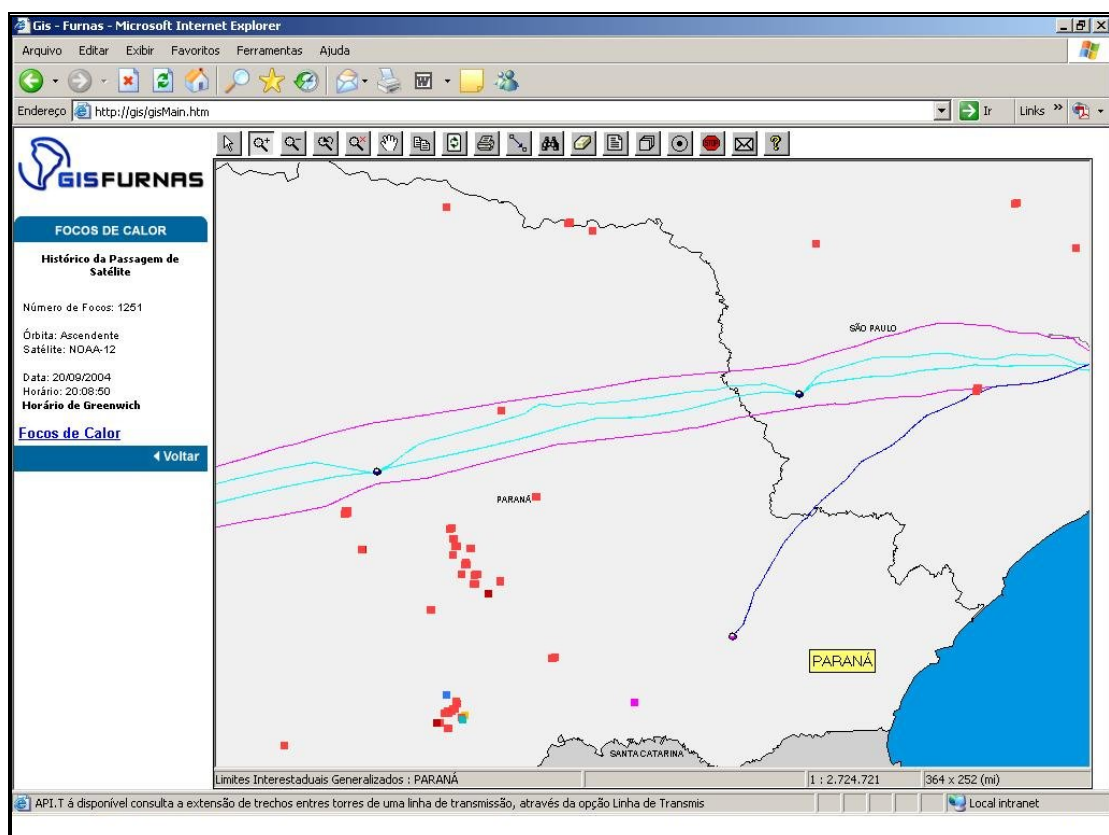


Figura 10 – Focos de calor no PARANÁ

2.1.4 UTILIDADES – MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO

Na aplicação diagrama de operação, são disponibilizadas informações do esquema de uma subestação (Diagrama Unifilar), por exemplo, nele estão contidos grande parte dos equipamentos da subestação.

Com isso é possível realizar manobras na subestação, ou até mesmo planejar uma modernização de equipamentos.

A equipe de operação de uma subestação pode acessar os dados via web, facilitando o dia-a-dia de supervisão e manutenção, por exemplo, é possível visualizar um disjuntor, saber dados desse equipamento, tais como: instalação, fabricante e componentes. Segue abaixo algumas ilustrações da aplicação de diagrama unifilar.

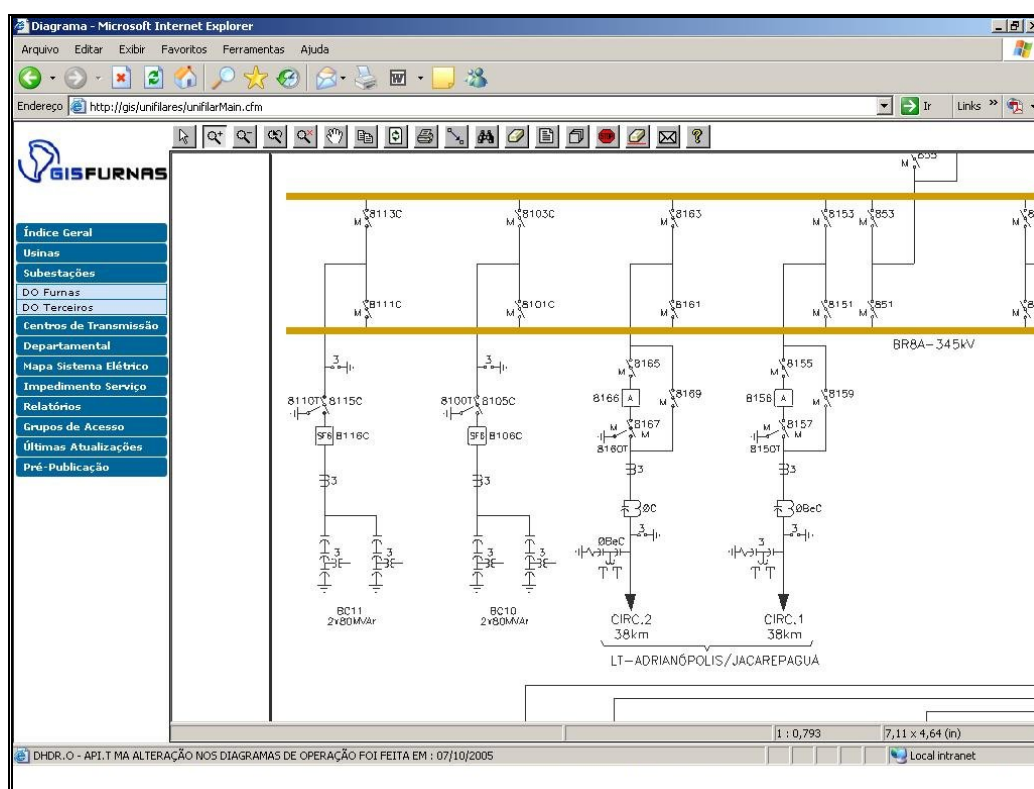
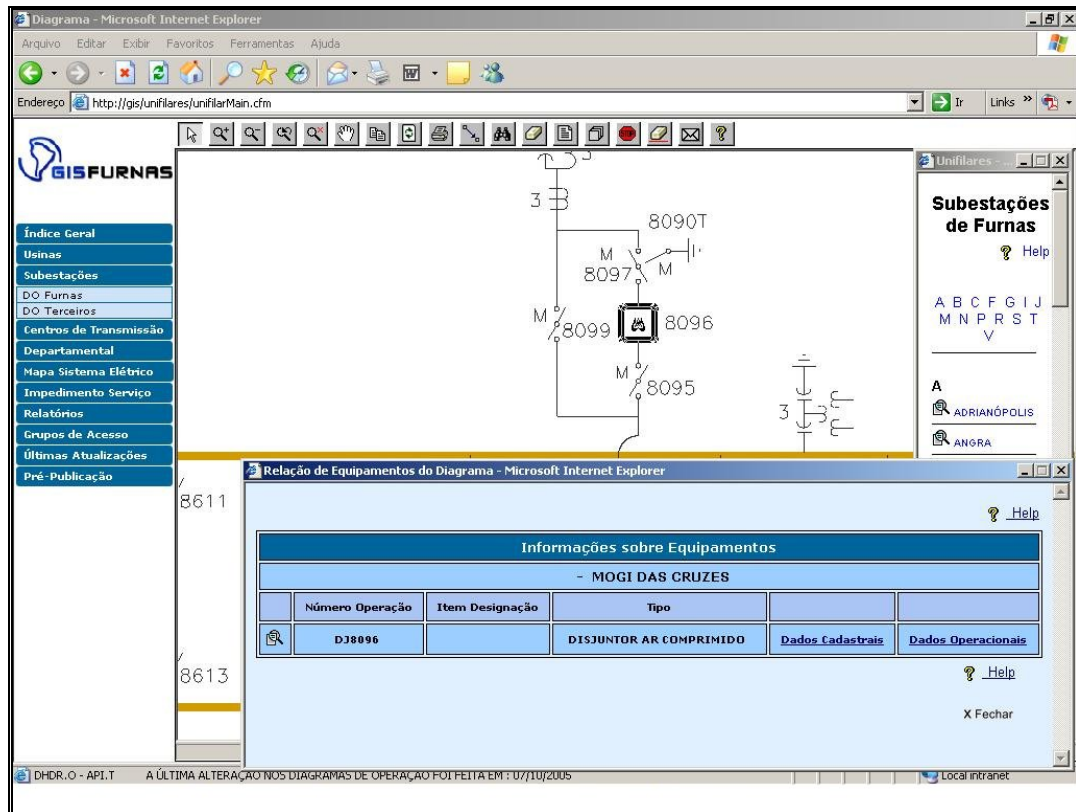


Figura 11 – Diagrama Unifilar de uma subestação



The screenshot displays a web application interface within a Microsoft Internet Explorer browser window. The main window shows an electrical diagram with components labeled 8090T, 8097, 8099, 8096, and 8095. A sidebar on the left contains a navigation menu with items like 'Índice Geral', 'Usinas', 'Subestações', and 'Centros de Transmissão'. A right sidebar titled 'Subestações de Furnas' lists locations: ADRIANÓPOLIS and ANGRA. A modal window titled 'Relação de Equipamentos do Diagrama' is open, showing details for a specific equipment item.

Relação de Equipamentos do Diagrama - Microsoft Internet Explorer

Informações sobre Equipamentos

- MOGI DAS CRUZES

Número Operação	Item Designação	Tipo		
D38896		DISJUNTOR AR COMPRIMIDO	Dados Cadastrais	Dados Operacionais

Help X Fechar

At the bottom of the browser window, a status bar shows: DHDR.O - API.T A ÚLTIMA ALTERAÇÃO NOS DIAGRAMAS DE OPERAÇÃO FOI FEITA EM : 07/10/2005 Local intranet

Figura 12 – Informação de um Disjuntor de AR Comprimido

3 SIG DE ALTA PERFORMANCE

O projeto GISFURNAS (Sistema de Informação Geográfica da empresa Furnas Centrais Elétricas S.A.) tem como principal objetivo possibilitar aos profissionais de Furnas uma maior qualidade e agilidade no acesso das informações técnicas essenciais à execução de suas tarefas e informações gerenciais necessárias à tomada de decisão. A arquitetura geral utilizada na solução é baseada no Autodesk GIS Design Server 8.0.

Segundo o geógrafo DANIEL, a aplicação desenvolvida é dependente diretamente do bom funcionamento da rede computacional existente. O não funcionamento da infra-estrutura de rede, afeta diretamente no fracasso e não utilização do sistema.

O GISFURNAS é um SIG de alta performance, devido a sua estruturação e a preocupação direta com o tráfego de imagens na rede computacional da empresa.

Outra questão que difere a solução de outras encontradas no mercado, é a utilização direta de caches, IIS, Banco de Dados Espacial (SGBDG), características que fornecem ganhos de performance do aplicativo.

Como foi citado acima um sistema de gerência de banco de dados geográficos (SGBDG) é um componente fundamental de um SIG, responsável por armazenar, manipular e recuperar os tipos de dados geográficos.

O SGBDG deve garantir que as propriedades fundamentais de SGBD convencionais sejam aplicáveis a dados geográficos. Estas propriedades incluem três requisitos importantes: eficiência (acesso e modificações de grandes volumes de dados); integridade (controle de acesso por múltiplos usuários); e persistência (manutenção de dados por longo tempo, independentemente dos aplicativos que acessam o dado).

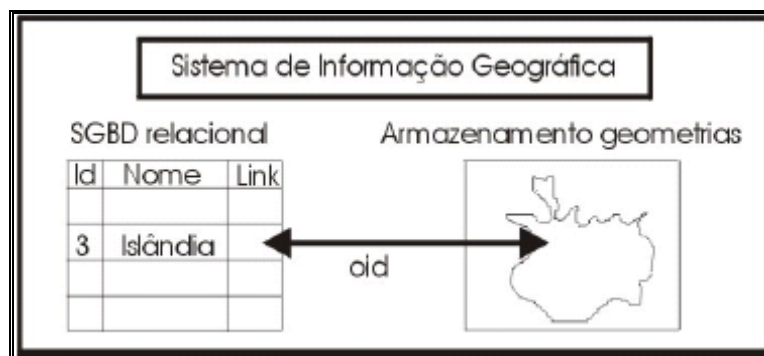


Figura 13 – Recuperação no banco de um objeto geométrico

A implementação pesada das ferramentas computacionais de alto nível, juntamente com as técnicas de geoprocessamento fazem com que a solução seja complexa e de alta performance.

3.1 APLICAÇÃO CLIENTE / SERVIDOR

Estes softwares do ambiente GISFURNAS, estão instalados em uma disposição cliente/servidor de três camadas.

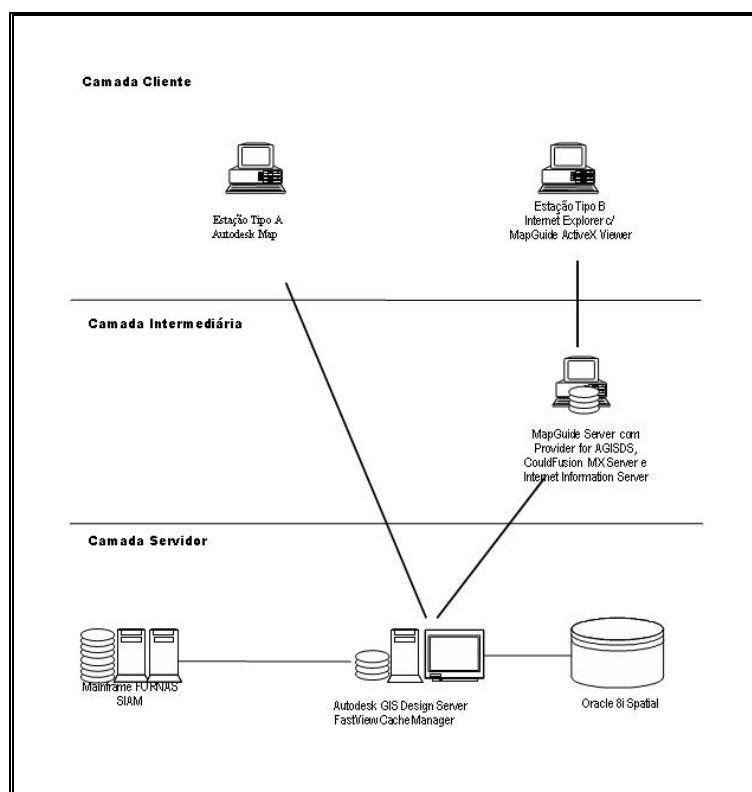


Figura 14 - Esquema cliente / Servidor GISFURNAS

- **Camada Cliente:** Estações de trabalho tipo A e tipo B, executando os sistemas operacionais Microsoft Windows 98(somente estação B)/NT/2000, que dão

acesso à aplicação GISFURNAS para a maioria dos usuários. A estação tipo A destina-se a funcionar como a principal ferramenta de acesso, atualização e edição de dados espaciais e alfanuméricos. Nas estações tipo A deverá estar instalado o Autodesk Map 2004, que funciona como front-end do Autodesk GIS Design Server. A estação de trabalho tipo B destina-se à realização de consultas, como visualização dos elementos geográficos, bem como os atributos dos elementos neles presentes, e realizar pesquisas espaciais GIS. É necessário um browser Internet Explorer e um componente ActiveX (MapGuide Viewer) para que os usuários visualizem as páginas da aplicação.

- **Camada intermediária:** Servidor executando o sistema operacional Windows NT Server ou Windows 2000. Nesta máquina deve estar instalado um servidor Web, preferencialmente o Microsoft IIS (Internet Information Server). No caso de Furnas, como as aplicações foram desenvolvidas utilizando-se ColdFusion, também deve estar instalado na máquina o ColdFusion Server. Neste servidor será instalado o MapGuide 6.3 Server. O objetivo deste servidor intermediário é servir os dados espaciais e alfanuméricos consultados pelos usuários de browser Internet Explorer das estações tipo B, conforme descrito acima. Neste servidor MapGuide 6.3 será instalada o software Autodesk MapGuide Provider for GIS Design Server para que sejam visualizadas as informações armazenadas no Autodesk GIS Design Server com representação gráfica idêntica àquela que o usuário possui ao trabalhar com as aplicações desenvolvidas para o Autodesk Map.
- **Camada do Servidor de Banco de Dados e de Aplicação GIS:** Grandes máquinas especializadas, executando sistema operacional Windows 2000 que armazenam o banco de dados corporativo e o servidor da Aplicação GIS. Os produtos de software que compõem esta camada são:
 - ✓ Autodesk GIS Design Server 8.0
 - ✓ Oracle 9i Enterprise
 - ✓ Oracle 9i Spatial Data Option (Oracle Spatial)

Abaixo mostrarei o esqueleto do sistema e as principais características citadas acima para ganho de performance.

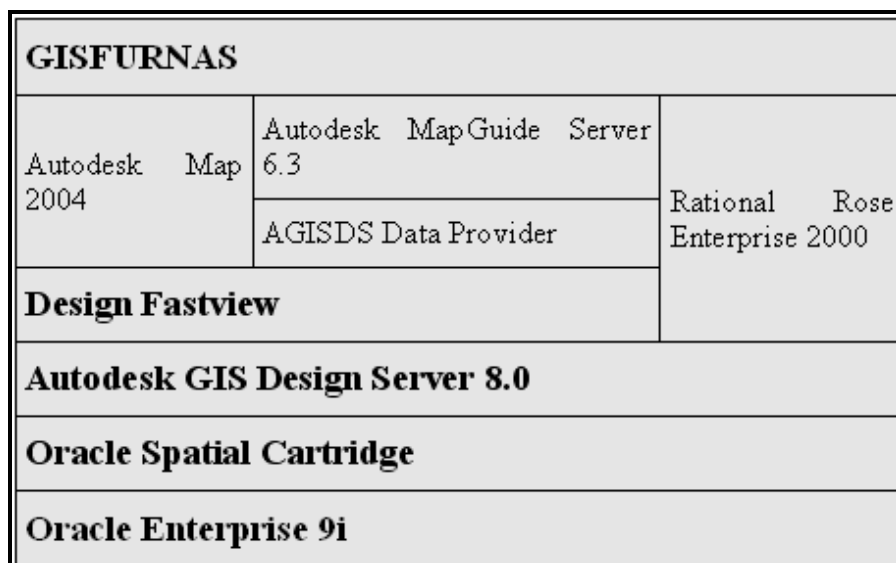


Figura 15 – Esquema estruturado do Sistema GisFurnas

3.2 INFRA-ESTRUTURA DE REDE

O padrão de rede utilizado pela empresa para atender a aplicação é ethernet 802.3. Segundo o geógrafo DANIEL, a empresa detém SWITCH FAST ETHERNET e SWITCH ETHERNET. Em alguns pontos também foi levantada a possibilidade de coexistência entre SWITCHs e HUBs . Para realizar a interconexão do ambiente em diversas regiões criando assim várias sub-redes, roteadores CISCO são utilizados.

Todos os servidores do ambiente GISFURNAS se encontram a 100mb. Já os clientes se encontram conectados a 10mb.

O quadro analisado mostrou a existência de várias áreas remotas que são partes de Furnas. O acesso dessas regiões ao Sistema que se localiza em outro ponto central, é por meio de canais privados (LP – Linhas Privadas) que são contratados junto a operadoras de backbone (EMBRATEL, TELEMAR), tendo sua velocidade variando de região para região, existindo também conexões remotas feita através de microondas (conexão a rádio de baixa velocidade).

Com quadro atual de rede, problemas são identificados no tráfego de imagens de satélite de alta resolução, principalmente em ambiente WAN, que realiza a interligação do ponto central as Regionais que ficam distribuídas pelo território nacional.

4 SENSORIAMENTO REMOTO

Sensoriamento Remoto pode ser definido como a aquisição de informação sobre um objeto a partir de medidas feitas por um sensor que não se encontra em contato físico direto com ele. As informações sobre o objeto, neste caso, são derivadas a partir da detecção e mensuração das modificações que ele impõe sobre os campos de força que o cercam. Estes campos de força podem ser eletromagnéticos, acústicos ou potenciais.

Apesar dessa definição mais ampla de Sensoriamento Remoto incluir campos de força acústicos e potenciais, o termo Sensoriamento Remoto é tipicamente utilizado apenas para sensores que medem alterações no campo eletromagnético. Atualmente, quando nos referimos à tecnologia de Sensoriamento Remoto, via de regra, estamos restringindo a sensores e metodologias voltadas à conversão de sinais derivados da interação entre a radiação eletromagnética e corpos materiais.

O uso universal da radiação eletromagnética para as atividades de sensoriamento remoto resulta do fato de que os demais campos de força, como o acústico e o gravitacional dependem de um meio de propagação do sinal emitido pela fonte, enquanto que o campo eletromagnético se propaga no vácuo, o que tornou historicamente possível o desenvolvimento do sensoriamento remoto espacial.

Sensoriamento Remoto é um campo de conhecimento complexo e multidisciplinar, podendo ser concebido como um sistema de aquisição de informações sobre o ambiente terrestre (ou lunar, ou venusiano), baseado no uso sistemático de sensores remotos.

Este sistema de aquisição de informações é formado por alguns subsistemas importantes: sistemas sensores (que são os equipamentos que focalizam e registram a radiação eletromagnética proveniente de um objeto); sistemas de processamento de dados (que convertem o dado bruto produzido pelo sensor em variável física passível de ser interpretada e convertida em informação); sistemas de análise (que incluem todas as ferramentas, dentre as quais destacam-se os sistemas de geoprocessamento que permitem integrar a informação derivada de sensoriamento remoto às de outras fontes).

Com base nesse conceito de Sensoriamento Remoto, podemos admitir que o uso de tecnologia espacial para a aquisição de dados da superfície terrestre a partir de plataformas de coleta de dados (PCDs) não é Sensoriamento Remoto.

Os dados transmitidos pelas PCDs são coletados por sensores que estão em contato direto com a superfície terrestre. Embora haja a aplicação de tecnologia espacial para a transmissão e recepção de dados, o conjunto de métodos e técnicas utilizados nestas circunstâncias não podem ser considerados como Sensoriamento Remoto.

Os sensores empregados para a aquisição de informações podem ser divididos em dois grupos: sensores passivos e sensores ativos. Os sensores ativos produzem e transmitem energia em direção ao objeto de estudo e registram o sinal de retorno resultante da interação da radiação incidente com suas propriedades químicas, físicas e biológicas.

A relação entre o sinal emitido e recebido pelo sensor é utilizado para derivar as propriedades do objeto sensoriado. Os sensores passivos detectam e registram a energia emitida ou refletida pelos objetos sensoriados. A intensidade do sinal emitido ou refletido pelos objetos em diferentes regiões do espectro eletromagnético permite derivar informações sobre suas propriedades.

Os sensores também podem ser classificados em termos da região do espectro eletromagnético que atuam em sensores óticos e sensores de microondas. Os sensores óticos são assim chamados porque seus componentes básicos são componentes óticos tais como prismas, lentes, grades de difração etc.

Os sensores de microondas são assim chamados por que operam na faixa das microondas e por tanto são constituídos por componentes capazes de produzir e detectar microondas tais como antenas e circuitos eletrônicos.

4.1 TIPOS DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Os tipos de dados de sensoriamento remoto a serem adquiridos dependem do tipo de informação necessária, do tamanho e da dinâmica dos objetos ou fenômenos estudados. Os sensores correspondentes e o papel que têm na aquisição dos diferentes tipos de informação encontram-se ilustrados abaixo.

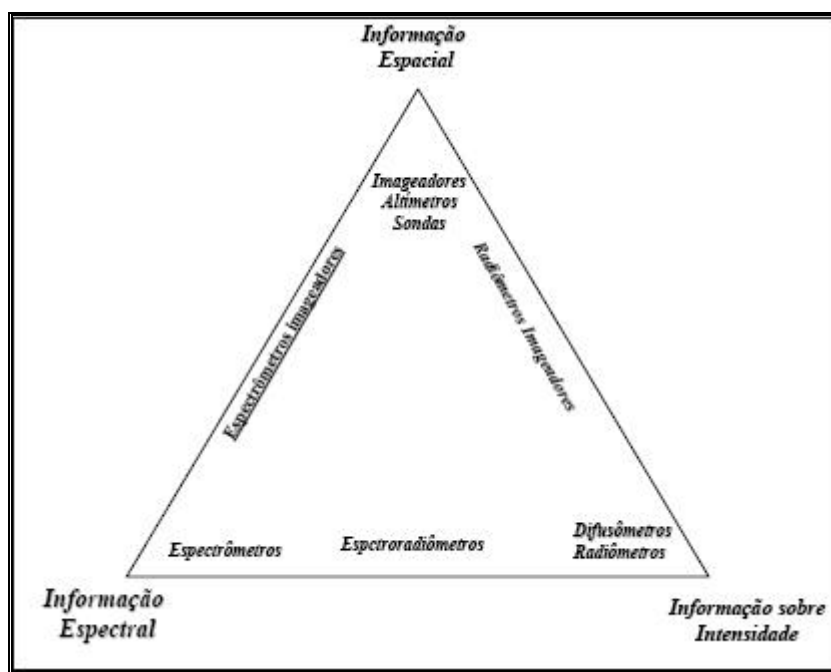


Figura 16 - Diferentes tipos de informações disponíveis em diferentes tipos de sensores

Os dados de sensoriamento remoto podem ser adquiridos no formato de imagens bidimensionais quando são necessárias informações com alta resolução espacial como é o caso da imagem TM/LANDSAT da Figura 16. Tais imagens também são importantes quando se deseja informação sinóptica sobre amplas áreas como aquelas fornecidas pelos satélites meteorológicos (Figura 17).

As imagens bidimensionais podem ser adquiridas em diferentes regiões do espectro eletromagnético, tais como a região visível, termal, microondas etc.; com canais de diferentes resoluções espectrais que vão de poucos nanômetros, como é o caso dos sensores hiperespectrais, até sistemas pancromáticos, que integram radiação em todo o espectro visível. Os espectrômetros são utilizados para detectar e medir o conteúdo espectral de um campo eletromagnético. Este tipo de informação é importante para a identificação da composição química dos objetos. Quando se estuda a atmosfera, os aspectos espaciais são menos críticos do que quando se estuda a superfície terrestre, porque o gradiente de mudança da composição química é muito menor. Assim sendo, os sensores para o estudo da composição química da atmosfera não precisam ter resolução espacial elevada, mas precisam de excelente resolução espectral. No caso de estudos da superfície terrestre, quando há o interesse de levantar a composição das rochas, por exemplo, torna-se

essencial uma boa resolução espacial, e neste caso, recomenda-se a aplicação de espectrômetros imageadores.



Figura 17 - Imagem bidimensional do terreno exemplificada por um subcena de uma imagem do sensor Thematic Mapper a bordo do satélite LANDSAT-5

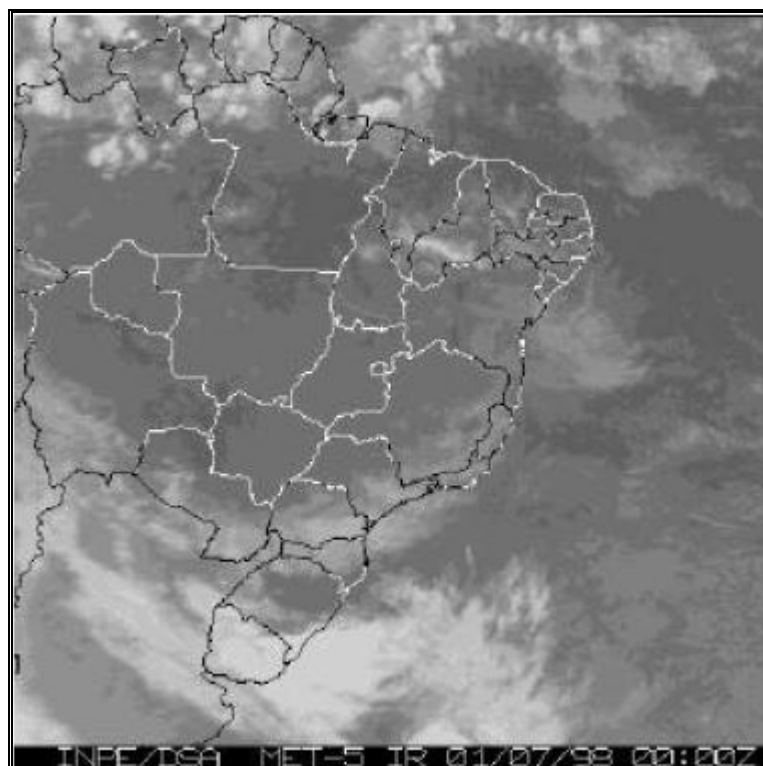


Figura 18 - Imagem sinótica de um satélite meteorológico

Em inúmeras aplicações os aspectos espectrais e espaciais são menos importantes e o que se necessita são medidas precisas da intensidade do campo eletromagnético em uma ampla região espectral. Os sensores utilizados para estas medidas são os radiômetros, os quais são usados para se obter perfis de temperatura da atmosfera e dos oceanos. Os radiômetros imageadores são utilizados para mapear espacialmente a variação da temperatura. Em numerosas aplicações, a informação necessária é a distribuição tridimensional de uma dada variável. Neste caso, sensores tais como os *altímetros* (fornecem informações sobre a topografia da superfície) e as *sondas* (fornecem a distribuição vertical da temperatura na coluna atmosférica) são extremamente úteis.

4.2 PLATAFORMAS DE SENSORIAMENTO REMOTO

As plataformas de sensoriamento remoto definem o nível de aquisição dos dados. Esses níveis podem ser orbitais (representados pelas plataformas espaciais), aéreos (representados pelas aeronaves e helicópteros) e terrestres (representados por torres e sistemas radiométricos de campo). Até o ano de 1946, os dados de sensoriamento foram adquiridos essencialmente a partir de aeronaves ou balões. Em 1946 foram obtidas as primeiras fotografias a partir do foguete V-2. Essas fotos demonstraram o imenso potencial que imagens orbitais possuíam, uma vez que forneciam uma nova perspectiva de observação da Terra.

Apesar desse potencial, apenas na década de 60 começaram a serem obtidos dados de sensoriamento remoto a partir de plataformas orbitais. Em 1961 foi obtida a primeira fotografia orbital colorida a partir de uma câmara automática colocada a bordo da espaçonave MA-4 Mercury. A partir desta data, diversas outras missões orbitais foram realizadas e fotografias obtidas das mais diversas regiões do planeta Terra.

As plataformas espaciais de sensoriamento remoto podem ser classificadas em plataformas tripuladas, tais como as da série Mercury, Gemini, Apollo na década de 60 os ônibus espaciais (Space Shuttle) a partir dos anos 80, ou ainda as plataformas soviéticas Vostok, Voskod, Soyuz e plataformas não tripuladas, como os vários programas existentes desde o lançamento dos primeiros satélites

meteorológicos. As plataformas espaciais podem ser classificadas em função do tipo de órbita em satélites geoestacionários e satélites de órbita polar.

Os satélites de órbita geoestacionária são satélites localizados em órbitas altas (a pelo menos 35 mil quilômetros acima da superfície da Terra) no plano do Equador, as quais se deslocam à mesma velocidade e direção do movimento de rotação da Terra, com isto, o satélite se mantém estacionário em relação à superfície, observando sempre a mesma região. Os satélites GOES e Meteosat são exemplos de plataformas espaciais geoestacionárias.

Os satélites de órbita polar são síncronos com o Sol, ou seja, sua velocidade de deslocamento perpendicularmente ao plano do Equador é tal que sua posição angular em relação ao Sol se mantém constante ao longo do ano. Um satélite de órbita polar completa, em média, 15 órbitas em torno da Terra por dia. Cada órbita é completada em cerca de 100 minutos. Esses satélites, desta maneira, podem passar sob todos os pontos da superfície terrestre sempre no mesmo horário seja de dia ou seja à noite.

O primeiro satélite experimental a carregar a bordo um sensor meteorológico foi lançado pelos Estados Unidos da América em 1959. As primeiras plataformas espaciais de sensoriamento remoto foram os satélites meteorológicos da série TIROS (Television Infrared Observation Satellite) lançado pela primeira vez em 1960. O programa teve tal êxito que em 1966 já havia um sistema global operacional de aquisição diária de dados meteorológicos sob a administração da NOAA (National Oceanographic Atmospheric Administration).

No início da década de 60 a National Aeronautics and Space Administration (NASA) deu início ao programa de satélites da série Nimbus com o objetivo de atender às necessidades da pesquisa meteorológica. O programa visava não só o desenvolvimento de plataformas orbitais mais avançadas, mas também sensores mais avançados que permitissem o monitoramento diário global da atmosfera terrestre para se criar uma base de dados para a previsão do tempo a curto e médio prazo.

O satélite Nimbus foi lançado em 1964 segundo uma órbita polar e é o precursor do atual satélite NOAA. Em 1972 foi lançado pela NASA o primeiro satélite de recursos naturais, o ERTS-1 (Earth Resources Technology Satellite, o qual posteriormente foi renomeado para LANDSAT-1). O LANDSAT1- foi seguido de uma série de satélites, sendo que em 1999 será lançado o sétimo com várias inovações

tecnológicas decorrentes não só do desenvolvimento de detetores e componentes óticos mais eficientes, como também , em decorrência das demandas da comunidade de usuários de produtos de sensoriamento remoto.

A partir de 1981 os ônibus espaciais passaram a prover uma outra plataforma alternativa para a aquisição de dados de sensoriamento remoto. A segunda missão do Shuttle levou a bordo um conjunto de sensores orientados para o sensoriamento remoto terrestre, dentre os quais destacam-se um radar imageador e um radiômetro operando no visível e no infra-vermelho. Num futuro próximo, estarão disponíveis para a aquisição de dados de sensoriamento a partir de estações espaciais. As atividades de sensoriamento remoto não se limitam à superfície terrestre.

Na verdade, elas tiveram seu início a partir da necessidade de se obter informações remotas de planetas como Marte, Mercúrio, Vênus, Júpiter, Urano. Existem numerosas imagens adquiridas da superfície da Lua, Mercúrio, Marte, Júpiter e dos anéis de Saturno, bem como da atmosfera de Vênus, Júpiter, Saturno e Urano. Outros tipos de sensores remotos como radares altímetros, sondas, detetores de radiação gama, radiômetros são utilizados em inúmeras missões interplanetárias.

O uso de sistemas orbitais está se tornando uma necessidade em um número grande de disciplinas ligadas às ciências ambientais devido às necessidades de informações globais e sinópticas a pequenos intervalos de revisita. Esses fatores são essenciais para a observação de fenômenos dinâmicos como a atmosfera, os oceanos, e os processos biológicos e biogeoquímicos.

Tipos de Informação necessária	Tipo de Sensor	Exemplo de Sistema
Alta resolução espacial e amplo recobrimento do terreno	Sensores imageadores e câmeras	Large Format Câmera, radar imageador do satélite JERS-1
Alta resolução espectral sobre áreas limitadas	Espectrômetro e espectro radiômetro	Shuttle Imaging Spectrometer
Resolução espectral limitada com alta resolução espacial	Mapeadores multiespectrais	TM/Landsat, HRV/Spot, RADARSAT
Alta resolução espectral e alta resolução espacial	Espectrômetros imageadores	AVIRIS, MODIS, ASTER
Alta precisão de medidas de intensidade ao longo de linhas ou faixas	Radiômetros e Difusômetros	ERS-1 difusômetro
Alta precisão de medidas de intensidade com resolução espacial moderada	Radiômetros imageadores	SMMR/AVHRR
Alta precisão de localização e perfil	Altímetros e Sondas	Altímetro TOPEX/POSEIDON
Mapeamento tridimensional do terreno	Altímetros	Shuttle High Resolution Altimeter

Figura 19 – Relação Informação Sensor

4.3 UTILIZAÇÃO DAS IMAGENS DE SATÉLITE DE ALTA RESOLUÇÃO

Compreendendo o que venha ser sensoriamento remoto, podemos agora observar melhor o que seria as imagens de satélite de alta resolução.

No planejamento de traçado da linha de transmissão dentro de uma área rural ou de preservação ambiental, onde a vegetação e o relevo, podem ser bem visualizados. Uma imagem de satélite com pouca resolução, por exemplo, 625 m já pode ser o suficiente.

Mas quando falamos de desapropriação de área, ou até mesmo, o planejamento de atendimento a novos mercados consumidores, já dependemos de avaliar imagens de satélite de alta resolução.

Vamos observar mais a frente na Figura, que apresenta os tipos de resolução e de escala, as diferentes resoluções que podemos obter para as imagens.

Todavia poderíamos ter uma situação, por exemplo, crescimento urbano. Se tivéssemos uma imagem de 30m, estaríamos analisando casas dentro da cidade, para essa situação, a imagem de alta resolução é aplicável.

Com relação a Furnas, o geógrafo DANIEL informou que existe a necessidade de imagens de alta resolução, pois o planejamento de traçado de novas linhas, e a avaliação de novos mercados consumidores deve ser analisado bem a região em questão, trazendo soluções boas em custo X benefício bom para a empresa e outras aplicações.

ESCALAS	300 DPI		150 DPI		75 DPI	
	300-254	75-50,8	300-254	75-50,8	300-254	75-50,8
	0.1 mm	0.125 mm	0.2 mm	0.25 mm	0.4 mm	0.5 mm
1:5.000.000	500 m	625 m	1.000 m	1.250 m	2.000 m	2.500 m
1:2.500.000	250 m	-----	500 m	625 m	1.000 m	1.250 m
1:1.000.000	100 m	125 m	200 m	250 m	400 m	500 m
1:500.000	50 m	-----	100 m	125 m	200 m	250 m
1:400.000	40 m	50 m	80 m	100 m	160 m	200 m
1:250.000	25 m	-----	50 m	-----	100 m	125 m
1:200.000	20 m	25 m	40 m	50 m	80 m	100 m
1:100.000	10 m	-----	20 m	25 m	40 m	50 m
1:60.000	6 m	-----	12 m	15 m	24 m	30 m
1:50.000	5 m	-----	10 m	-----	20 m	25 m
1:30.000	3 m	-----	6 m	-----	12 m	15 m
1:25.000	-----	-----	5 m	-----	10 m	-----
1:20.000	2 m	-----	4 m	5 m	8 m	10 m
1:10.000	1 m	-----	2 m	-----	4 m	5 m
1:5.000	-----	-----	1 m	-----	2 m	-----
1:2.000	-----	-----	-----	-----	-----	1 m

Figura 20 – Tabela de resolução

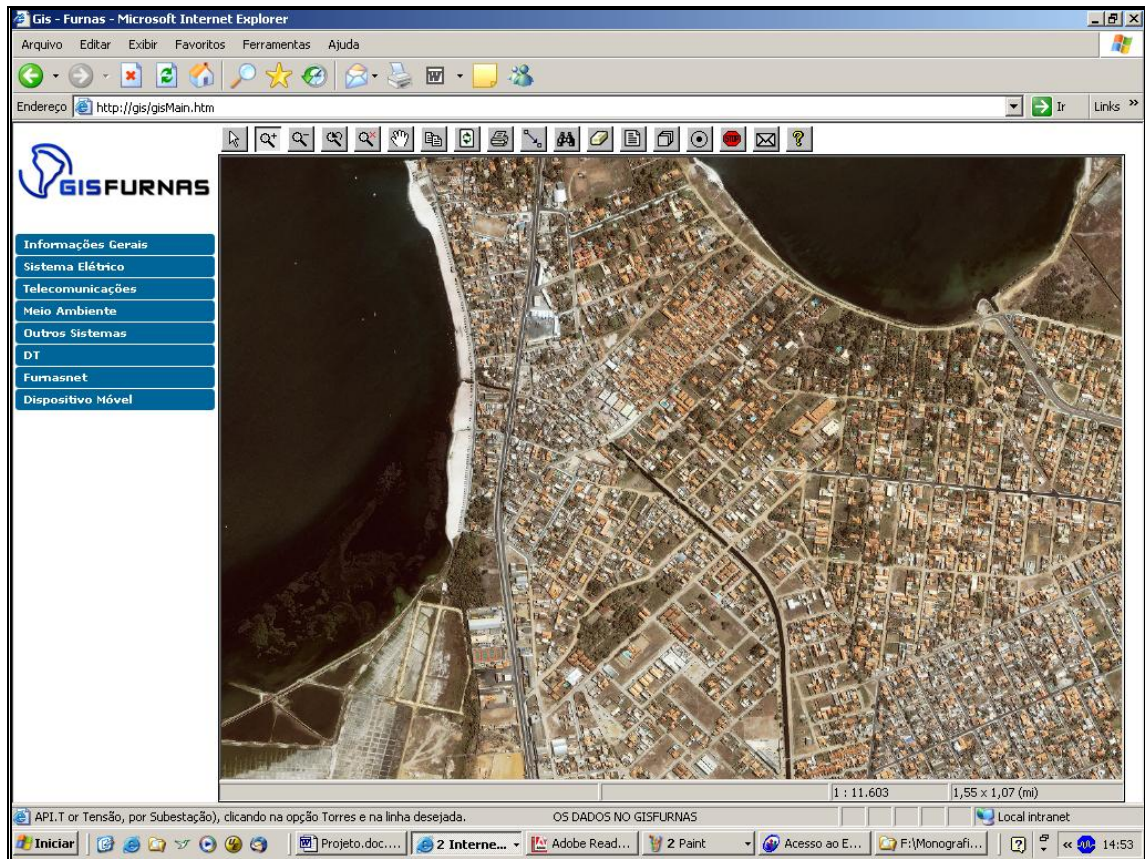


Figura 21 - Imagem de alta resolução do satélite Ikonos

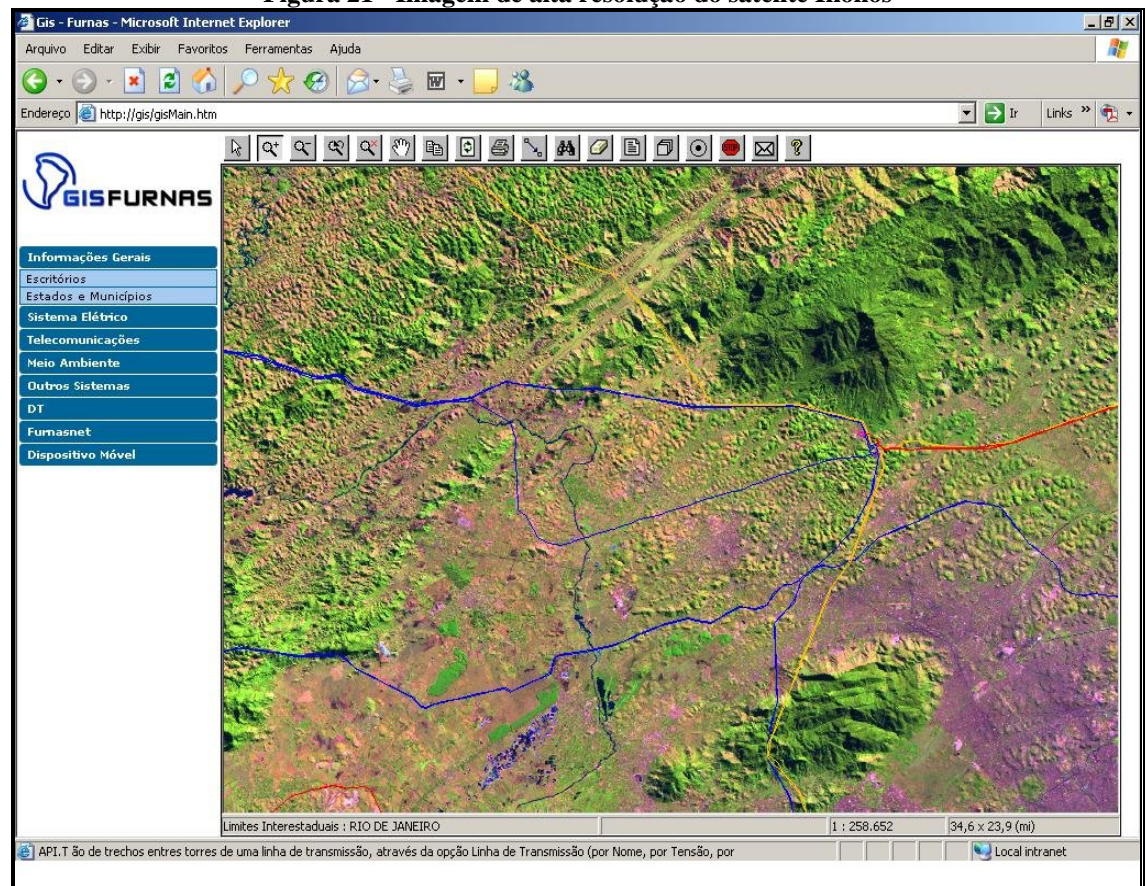


Figura 22 - Imagem LANDSAT

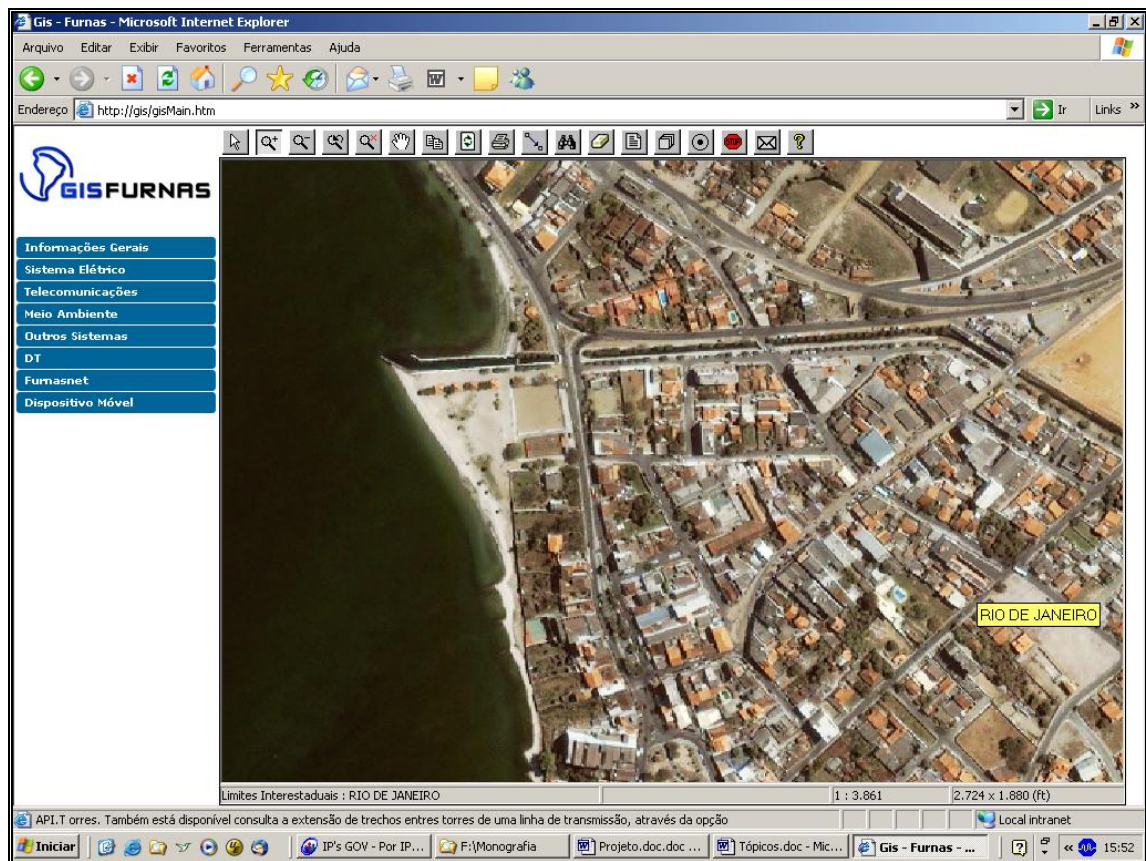


Figura 23 - Imagem Ikonos

5 PROBLEMAS NO TRÁFEGO DE IMAGENS DE ALTA RESOLUÇÃO

Segundo o geógrafo DANIEL, o sistema GisFurnas apresentava grande problema de tráfego em rede, quando imagens de alta resolução eram solicitadas. Como foi apresentado anteriormente, a solução da empresa em questão é baseada em ferramentas Autodesk. O software responsável por publicar a imagem no navegador cliente é o MapGuide 6.3.

No aplicativo MapGuide Author, são visualizados os layers e o administrador do sistema indica qual imagem de satélite irá publicar e qual o layer que a imagem ficará como mostra a figura abaixo.

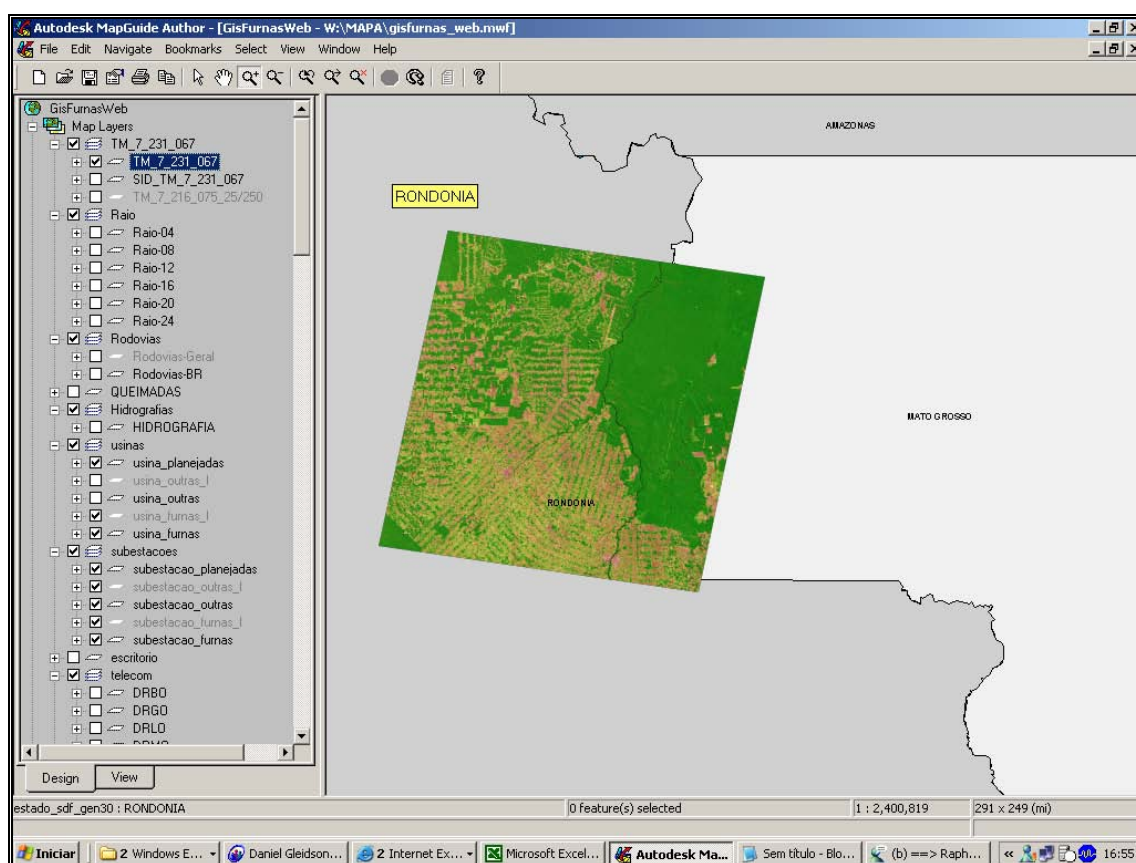


Figura 24 – Imagem do Mapguide Author

De acordo com a Autodesk, o MapGuide consegue publicar várias imagens raster (tif,sid). O GisFurnas armazenava e publicava as imagens apenas em seu TIF, deixando a cargo do MapGuide o tratamento exigido para publicação. Observamos o seguinte quadro:

Problemas com o tráfego de rede foram encontrados, principalmente segundo o geógrafo DANIEL, nas áreas regionais, ou seja, a empresa atua em todo o território nacional, áreas mais distantes com “links” de menor velocidade, tinham maior dificuldade para visualizar as cenas desejadas.

Foi realizada uma medição a fim de quantificar o problema causado com o tráfego da imagem no formato TIF, sem o devido tratamento, ou melhor, sem a utilização do software MR.SID. Segue abaixo a medição sem a utilização do Software. Observamos o pico de download alcançado na visualização da imagem TIF em questão.

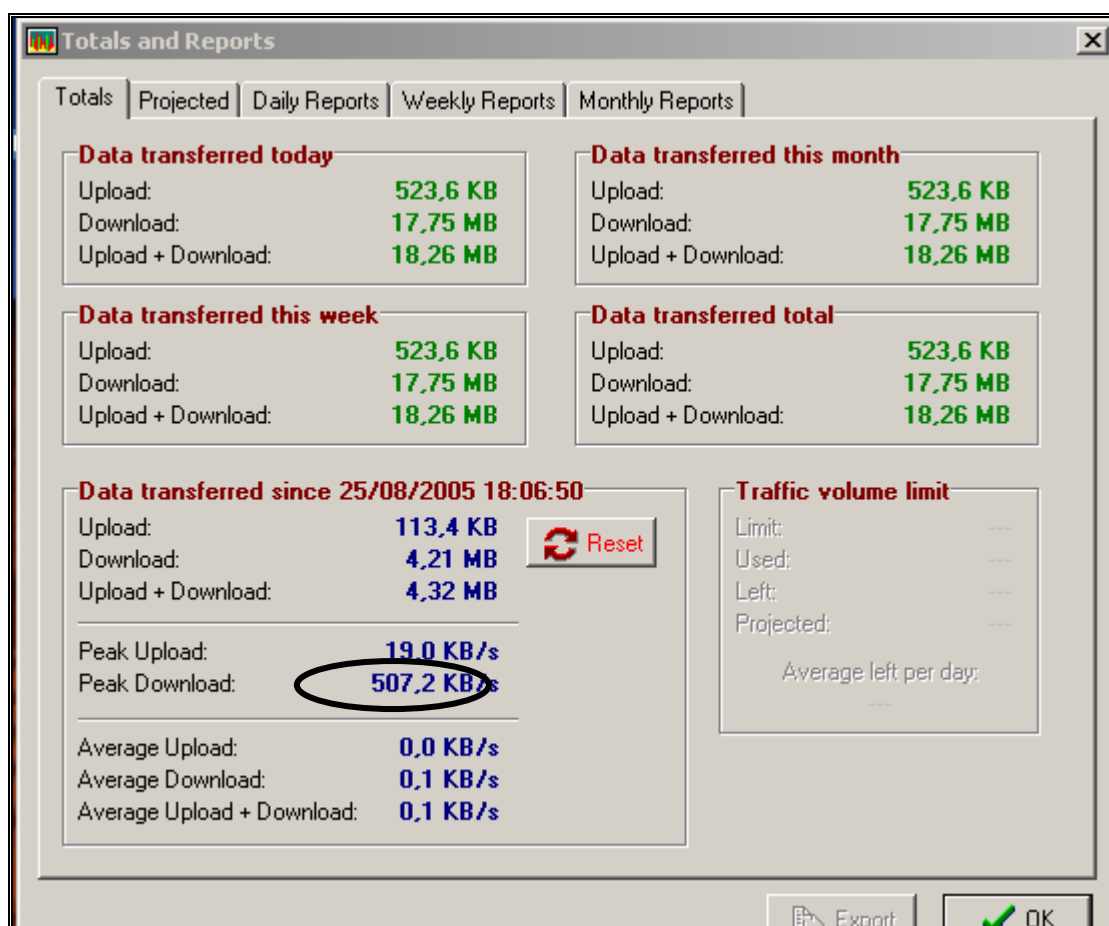


Figura 25 – Software de monitoramento de rede

6 PROBLEMAS NO ARMAZENAMENTO DE IMAGENS

De acordo com TAURION (2001) a computação evolui em movimentos pendulares, da mais completa centralização à total descentralização. E fazendo o caminho de volta quando os extremos são alcançados. No início dos anos 80, vimos o downsizing e a descentralização, com a proliferação de redes locais e servidores. Parecia realmente uma grande idéia, até que nos descobrimos envolvidos por inúmeras ilhas tecnológicas, com dados inconsistentes e onerantes atividades de gerenciamento de redes heterogêneas. O cenário distribuído trouxe, em consequência, uma descentralização do armazenamento das informações, uma vez que arquivos e bancos de dados estão armazenados em discos, ligados fisicamente aos servidores espalhados pelas redes. E os dados destes servidores são acessados basicamente por eles mesmos.

A falta de controle desse ambiente está levando às altas taxas de crescimento de Gigabytes (GB) instalados, ao mesmo tempo que continuam ocorrendo, com mais e mais incidência, problemas de "disk full" e dificuldades de se localizar uma determinada informação. Em que servidor e em que banco de dados ou arquivos se encontra tal informação.

Algumas estimativas, como a da empresa de pesquisas de armazenamento de dados Disk/Trend, indicam que dos cerca de 800.000 terabytes disponibilizados no mercado mundial em 1998, teremos mais de 6 milhões de terabytes disponíveis em 2001. Por sua vez, o International Data Corporation (IDC) observa que a demanda por armazenamento corporativo em nível mundial vem crescendo a taxas de 80% ao ano e que provavelmente dobrará nos próximos anos. Este crescimento apenas aumenta a dificuldade de gerenciamento.

Está claro que este modelo de armazenamento de dados está alcançando seus limites. Sem um novo paradigma, a situação tornar-se-á impossível de ser controlada e não seria por demais dramático falar-se em caos...

A necessidade básica é a consolidação das informações de toda a empresa em um determinado local, permitindo que todos compartilhem estas informações, diminuindo significativamente os custos de gerenciamento e tornando a informação uma real vantagem competitiva (armazenamento de dados = informação e informação = ativo estratégico da empresa).

De acordo com TAURION (2001) O conceito de Storage Networking ou Storage Area Network (SAN) deverá ser o modelo dominante de armazenamento em poucos anos. Uma SAN é essencialmente um conjunto de dispositivos de armazenamento, apoiados por inteligência (software) que se interconectam aos servidores das redes. Este modelo atende a diversos requisitos fundamentais, e um deles é a velocidade. Um barramento de alta velocidade, dedicado exclusivamente à transferência de dados, sem afetar a performance da rede, fornece exatamente o que as empresas e administradores de rede desejam: alta taxa de transferência sem degradação das LANs.

Conforme o geógrafo DANIEL, a empresa Furnas Centrais Elétricas também levou em consideração problemas relacionados ao armazenamento de todas as imagens de satélites utilizadas pelo SIG em questão. Como imagens de alta resolução são de tamanho elevado á compra de um STORAGE, se fez necessária para armazenamento de dados do SIG em questão e as imagens.

No decorrer do trabalho vamos observar que o software MR.SID, não apenas melhora o tráfego de imagens de satélite de alta resolução, mas melhora o armazenamento, pois compacta as imagens diminuindo seu tamanho total. Como vimos anteriormente, a solução de storage melhora o armazenamento, dando maior confiabilidade, mais principalmente centraliza as diversas informações em um só ponto. Melhorando assim a administração dos diversos dados.

7 APLICAÇÃO MR.SIDTM

De acordo com a empresa LIZARDTECH o GeoExpress with MrSIDTM é um software de compressão de imagens geográficas utilizando o método de wavelet. A tecnologia MrSIDTM (Multi-resolution Seamless Image Database) foi desenvolvida originalmente no Los Alamos National Laboratory para o FBI armazenar o seu grande banco de dados de imagens de impressão digital e fotografias de indivíduos. O software GeoExpress with MrSIDTM comprime imagens raster com altas taxas de compressão sem perda visual da qualidade da imagem original, e ao mesmo tempo mantendo a precisão geométrica a nível de pixel e georreferenciamento. Taxas de compressão bem mais altas podem ser aplicadas resultando em alguma perda visual.

Também é possível comprimir imagens sem perda, mantendo a fidelidade numérica dos valores dos pixels. O GeoExpress tem a capacidade de processar imagens georreferenciadas e montar mosaicos georreferenciados durante o processo de compressão. Também é possível fazer a atualização de mosaicos já montados no formato .sid, formato proprietário do aplicativo, assim como a codificação de uma senha para a imagem no formato .sid. Proporcionando maior segurança para imagens que tenham uma grande importância, por exemplo, para fins militares, ou até mesmo para diferencial comercial.

GeoExpress with MrSIDTM V. 4.1 também pode gerar imagens comprimidas georreferenciadas no formato JPEG 2000 conforme o padrão internacional ISO/IEC 15444-1 JPEG2000 Parte 1. O formato JPEG 2000 permite a geração de imagens comprimidas com 1, 3 ou qualquer outro número de bandas. A Versão 4.1 também possibilita a montagem e atualização de mosaicos de imagens no formato JPEG 2000. Outra característica é que os mosaicos podem ser montados com ambos tipos de imagem, JPEG 2000 e MrSIDTM.

Ao contrário do formato MrSIDTM, JPEG 2000 requer o ajuste de parâmetros quando da compressão que pode impactar a performance da visualização de imagens volumosas.

O formato .sid tem apoio nativo em mais de 200 aplicativos. O formato JPEG 2000 está ganhando apoio nativo em vários softwares de GIS. Os benefícios da utilização do software GeoExpress with MrSIDTM incluem, entre outros:

- Aumento da capacidade de armazenamento
- Redução do tempo e quantidade de mídia para backup e distribuição
- Visualização rápida de grandes imagens
- Disponibilidade e visualização de grandes imagens com alta resolução via rede (intranet ou Internet)
- Fácil integração no fluxo de trabalho em GIS, conforme ilustrado abaixo.



Figura 26 – Imagem esquemática do uso da ferramenta em Sistemas de Informações Geográficas.

8 ESTRUTURA DE REDE PARA USO DA FERRAMENTA

Segundo o geógrafo DANIEL, a estrutura utilizada pela empresa esta diagramada na Figura 18, onde temos um servidor de Desenvolvimento onde encontramos o MR.SID instalado, no mesmo servidor encontram-se as imagens disponibilizadas para tratamento antes de chegar a produção.

No servidor de desenvolvimento encontramos as cenas em tamanho real no formato TIF sem ter nenhum tratamento. Após a passagem das imagens .TIF pelo software, elas são inseridas dentro do STORAGE corporativo, mas já observamos a imagem em um menor tamanho e principalmente em um ambiente mais seguro e seu tráfego pela rede já apresenta ganhos significativos, pois também já esta em menor tamanho.

Depois de compactar a imagem pelo software, elas são disponibilizadas para os usuários através da configuração feita no MapGuidServer de produção como mostra a figura. A partir de agora trafegamos pela rede apenas arquivos de imagens .SID, já tratado e devidamente compactado.

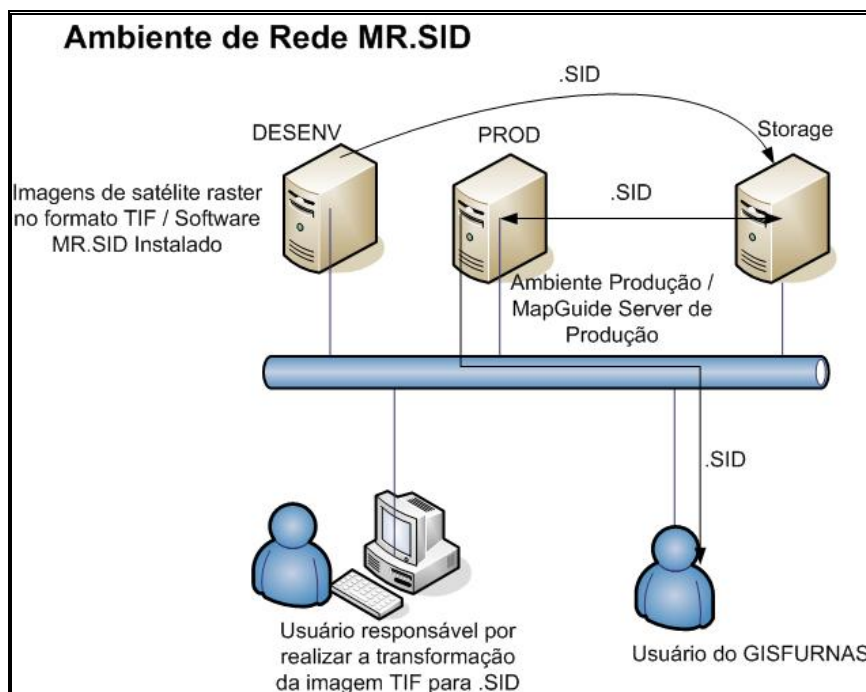


Figura 27 – Imagem esquemática do ambiente MR.SID (GISFURNAS).

9 MÉTODO WAVELET

A classe de funções chamadas wavelets surgiu pela primeira vez na tese apresentada pelo físico inglês Alfred Haar em 1910. Desde então, depois de muito formalismo matemático, na segunda metade da década de 80, esta ferramenta começou a ser aplicada em várias áreas da Ciência. Sua capacidade singular de obtenção de localização tanto no tempo quanto na frequência mostra-se uma característica bem adaptada para o tratamento de sinais não estacionários.

A proposta principal deste trabalho é a utilização da Transformada Wavelet como uma ferramenta utilizada no processamento de sinais geofísicos em geral e é apresentada através de duas abordagens, uma no caso 1D (perfis geofísicos), onde o método é utilizado na transferência de escalas e outra no caso 2D (imagens sísmicas) onde o método é utilizado como uma ferramenta de filtragem. Este caso é comparado então com o método da Krigagem Fatorial.

Segundo PAGAMISSE (2005) em imagens de sensoriamento remoto e de outras aplicações, tais como análise de imagens médicas, inspeção industrial, etc, é necessária, em muitos casos, a discriminação de texturas. Intuitivamente, texturas estão relacionadas a variações tonais na imagem, sendo propriedade de uma região e não de um único ponto. Essas variações podem ser vistas como descontinuidades locais e, em imagens, estão, em geral, associadas a bordas. A transformada Wavelet fornece uma representação completa e estável de sinais utilizando bordas em multiescala.

Conforme PAGAMISSE (2005), com o advento dos avanços tecnológicos possibilitados pelo aumento contínuo da capacidade de processamento dos computadores, imagens, que por muito tempo foram adquiridas exclusivamente por processos fotográficos, passaram mais e mais a serem objetos digitais, requerendo tecnologia específica ao seu tratamento e análise. Além disso, a rápida evolução das câmaras digitais, tanto no aspecto da qualidade como no custo, indica que, em breve, a fotografia digital terá qualidade equivalente à da fotografia convencional, por um preço acessível, tornando, em muitos casos, desnecessárias e obsoletas as imagens obtidas por processos químicos. Imagens digitais são os objetos de estudo do Processamento Digital de Imagens, disciplina que tomou grande impulso a partir dos anos 60, aproveitando-se, principalmente, da evolução da informática e tornando-se um campo com inúmeras aplicações em diversas áreas. Seu objetivo

principal é o de desenvolver ferramentas que possibilitem às máquinas não apenas automatizar procedimentos realizados pelas funções visuais dos seres humanos, mas também superar sua performance, pois são capazes de processar informação com muito mais rapidez e em maior quantidade.

Contudo, como as máquinas não são capazes de pensar ou tomar suas próprias decisões, há necessidade de desenvolver algoritmos que as auxiliem a executar as tarefas desejadas.

Dentre as várias características de uma imagem que são estudadas pelo Processamento Digital de Imagens, estão as texturas. O conceito de textura pode ser encontrado em diferentes contextos, definida de formas diversas e tendo inúmeras aplicações associadas. Essa diversidade torna impossível estabelecer uma única definição formal do conceito textura. De modo geral, regiões de texturas semelhantes estão relacionadas a características idênticas fornecem algum tipo de informação sobre o objeto representado pela imagem.

Em certos casos, como por exemplo, em alguns tipos de imagens de radar, praticamente toda informação é textural. Dentre as aplicações que se utilizam do conceito de textura, podemos destacar a análise de imagens médicas, o sensoriamento remoto, a inspeção industrial, o reconhecimento de formas de objetos tridimensionais a partir de imagens bidimensionais, a segmentação de documentos, entre outras.

A fim de caracterizar a complexidade das estruturas que podem estar presentes em uma imagem, tais como bordas e texturas, faz-se necessário buscar representações das imagens de modo que essas representações forneçam uma caracterização de atributos que, a princípio, não estariam claramente apresentados na representação original. Contudo, nem toda representação, por mais elegante que seja, matematicamente falando, vem a ser necessariamente uma boa representação. Isso, obviamente, dependerá do contexto e dos aspectos a serem realçados, ou seja, da finalidade e, portanto, da fidelidade buscada pela representação. De modo geral, uma representação adequada é um pré-requisito para se obter técnicas de processamento eficientes, tais como realce, filtragem e restauração, análise, reconstrução, etc.

Independentemente da natureza do problema que envolve o conceito textura, uma das melhores ferramentas para detecção e discriminação ainda é o olho humano. Desse modo, resultados obtidos em estudos psicofisiológicos da visão

humana servem como referência ao desenvolvimento e construção de técnicas para a identificação e discriminação de texturas. Esses estudos psicofisiológicos mostraram que o ser humano é capaz de diferenciar muitos tipos de texturas de modo pré-atentivo, isto é, diferenças entre texturas podem ser percebidas espontaneamente, sem a necessidade de se focar a atenção. Mostraram também que em outros tipos de textura isso não ocorre; são as chamadas texturas com estatísticas de segunda ordem.

O mais interessante é que esses estudos indicaram com fortes evidências, que a imagem na retina é decomposta pelo cérebro em vários canais de frequências espacialmente orientadas, e que existem mecanismos no córtex visual dos mamíferos que respondem a combinações de frequência e orientação dentro de um certo range.

Essa constatação levou inúmeros pesquisadores a desenvolverem modelos teóricos que minimizem esses processos psicofisiológicos, acreditando que, devido à alta eficiência do sistema visual humano em perceber texturas, essa eficiência seria, de certo modo, herdada por esses modelos. Uma das melhores ferramentas matemáticas que faz a intermediação entre representação espacial e frequencial é a Transformada de Fourier Janelada.

Apesar de ter feito sucesso por um bom tempo, ela apresenta algumas limitações inerentes, quando analisando certos tipos de sinais e principalmente imagens. Sua resolução tempo-frequência é limitada pelo Princípio da Incerteza; baixas frequências terão valores altos se as janelas forem pequenas enquanto pulsos de curta duração terão localização muito pobre no tempo em janelas grandes. As limitações da Transformada de Fourier Janelada motivaram a criação da Transformada Wavelet, a qual se caracteriza como uma decomposição em canais de multifrequência e tem se mostrado como uma poderosa ferramenta em inúmeras áreas de aplicação.

De acordo com PAGAMISSE (2005) supõe-se que textura é uma combinação de escala, direcionalidade e densidade das componentes primitivas, sendo necessário quantificar/mensurar essas informações a fim de discriminar texturas. Essa quantificação, dentro da terminologia de reconhecimento de padrões é denominada extração de atributos. Baseado nessa hipótese, desenvolve-se um modelo teórico matemático para uma decomposição Wavelet multiescala, invariante por translações e formada por quatro direções, juntamente com um modelo discreto,

experimental, que agrega as respostas da transformada Wavelet nas várias escalas e direções com o objetivo de discriminar regiões de texturas homogêneas. A implementação desse modelo tem baixo custo computacional, pois todo treinamento e obtenção dos parâmetros são feitos em amostras tomadas das texturas, além disso, o modelo matemático da família de Wavelets também foi construído de modo a ter baixo custo computacional em sua implementação discreta.

Os resultados obtidos pelo método desenvolvido, são comparados a vários outros métodos encontrados na literatura, mostrando índices de acerto maiores que os demais na maioria dos casos testados, confirmando a validade do modelo matemático teórico desenvolvido.

9.1 TEXTURA

Seguindo o pensamento de PAGAMISSE (2005) a natureza e os objetos ao nosso redor estão impregnados de texturas. Podemos encontrá-las em paredes, pisos, árvores, rochas, tecidos, na pele humana e dos animais, enfim, em praticamente toda matéria. Essa texturização, em muitos casos, é o que nos faz acreditar que um objeto é natural e não artificial, fazendo que, qualquer figura em computação gráfica, que queira parecer minimamente realista, tenha algum tipo de textura em sua superfície. Seu estudo já se estende por mais de três décadas; contudo, continua sendo tópico de enorme interesse.

As pesquisas são motivadas em parte pela grande quantidade de texturas presentes em imagens e pela incrível capacidade do sistema visual humano em lidar com elas. Até o momento, o instrumento mais eficiente para detectar e discriminar (diferenciar) texturas é o olho humano, servindo, na maioria das vezes como referência da exatidão dos algoritmos utilizados. Os trabalhos pioneiros no assunto foram realizados por Julez que estudou percepção de texturas extensivamente no contexto de discriminação de textura. A questão proposta por ele era: “Quando um par de texturas é discriminável, dado elas terem o mesmo brilho, contraste e cor”, ou seja, quais são os processos visuais que nos permitem destacar uma figura em relação ao conjunto, utilizando apenas suas características texturais. A questão colocada por Julez é a motivação básica entre os psicofisiologistas para estudarem percepção de textura. As respostas por eles encontradas são importantes, não só

pelo fato já mencionado de que o sistema visual humano pode avaliar a performance dos algoritmos, mas pelo fato de inúmeros desses algoritmos serem desenvolvidos a partir dos resultados obtidos por esses estudos psicofisiológicos.

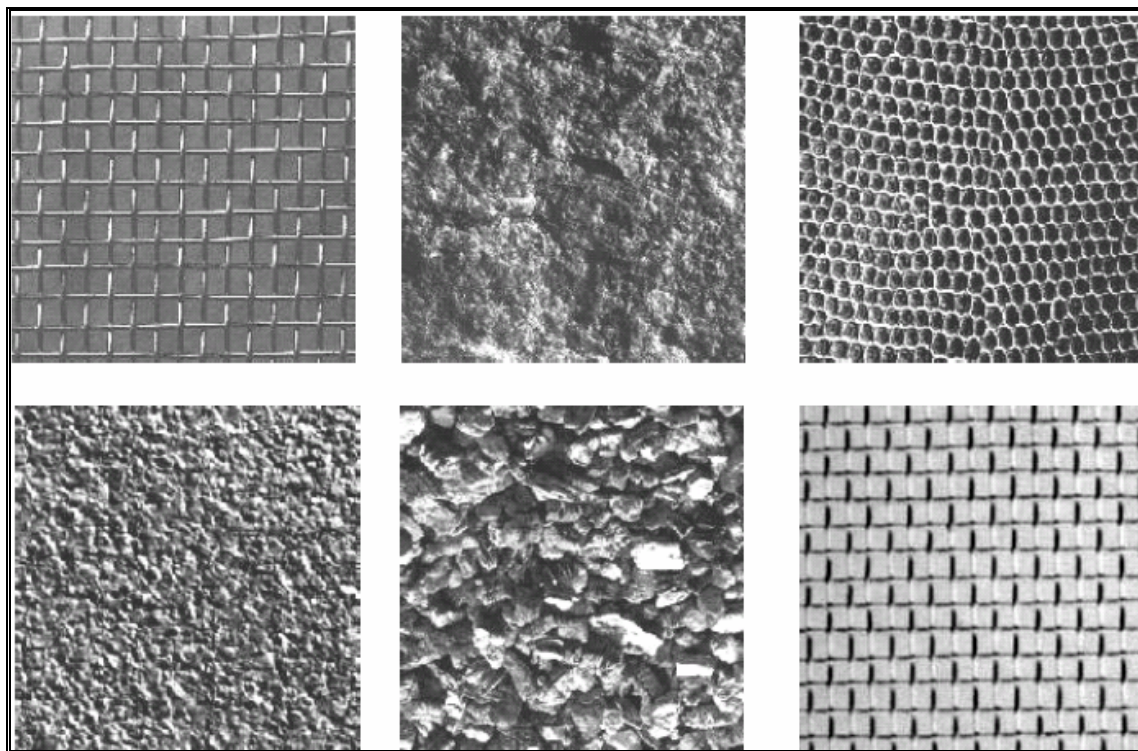


Figura 28 – Mosaico de Textura.

9.2 CONCEITO WAVELETS

Conforme PAGAMISSE (2005) por muito tempo, a transformada de Fourier foi a ferramenta soberana em processamento de sinais, deixando pouco espaço para novas incursões matemáticas nesse ramo. Até os anos 70, sinais estavam relacionados principalmente à voz e outros sons, que, de modo geral, eram modelados como realizações de processos gaussianos.

Como resultado, algoritmos lineares eram considerados ótimos sobre todos os outros procedimentos, e, com a hipótese de estacionariedade, ficava-se restrito à classe dos operadores de convolução que são diagonalizados pela transformada de Fourier. Nos anos 80, essa situação se alterou completamente, com o desenvolvimento do processamento de imagens. Processos gaussianos

modelam imagens de modo muito pobre, visto que estruturas transientes, tais como bordas, são freqüentemente mais importantes que propriedades estacionárias. Desse modo, algoritmos não-lineares se tornaram inevitáveis, abrindo o processamento de sinais a abordagens matemáticas mais sofisticadas.

9.3 BORDAS EM MULTIESCALA E MULTIRRESOLUÇÃO E WAVELETS

Segundo PAGAMISSE (2005) ele diz que a discriminação de texturas envolve identificar regiões com texturas uniformes em uma dada imagem, tendo em conta que textura é propriedade de uma região e não de um ponto. Uma textura mais lisa ou mais rugosa está relacionada a variações tonais locais menos ou mais bruscas, ou seja, descontinuidades locais. Os pontos onde há intensas variações tonais estão entre as mais importantes características para analisar as propriedades de sinais transientes ou imagens. Em imagens, eles fornecem a localização das bordas, que geralmente são usadas para descrever a informação estrutural dos contornos de objetos. As bordas de estruturas em imagens são freqüentemente os mais importantes atributos para o reconhecimento de padrões. Isto é bem ilustrado pela capacidade visual dos seres humanos de reconhecer um objeto a partir de um esboço, grosseiro até, de seus contornos.

Pode-se definir borda como pontos onde a intensidade numa imagem sofre uma variação brusca; contudo, quando se tratando de texturas em imagens, estas contêm variações bruscas de intensidade que freqüentemente não são consideradas como bordas. Por exemplo, olhando uma parede de tijolos, pode-se dizer que as bordas são os contornos da parede, enquanto os tijolos definem a textura. Da mesma forma, pode-se dizer que o contorno de um tijolo é uma borda, enquanto que a rugosidade de sua superfície determina a textura. Assim, a discriminação de bordas ou texturas depende da escala de análise e estão intrinsecamente relacionadas.

Este fato motivou pesquisadores da área de visão computacional a buscarem técnicas de detectar variações abruptas em imagens em diferentes escalas. Na maioria das vezes, detecção de bordas é visto como um processo que reduz a quantidade de dados representando o sinal, mas não preservando toda a informação. Da transformada wavelet fornecem uma representação completa e

estável do sinal. A Figura abaixo mostra a textura do tijolo e as bordas do objeto, dependendo da escala e da distância essas características podem ser trabalhadas.

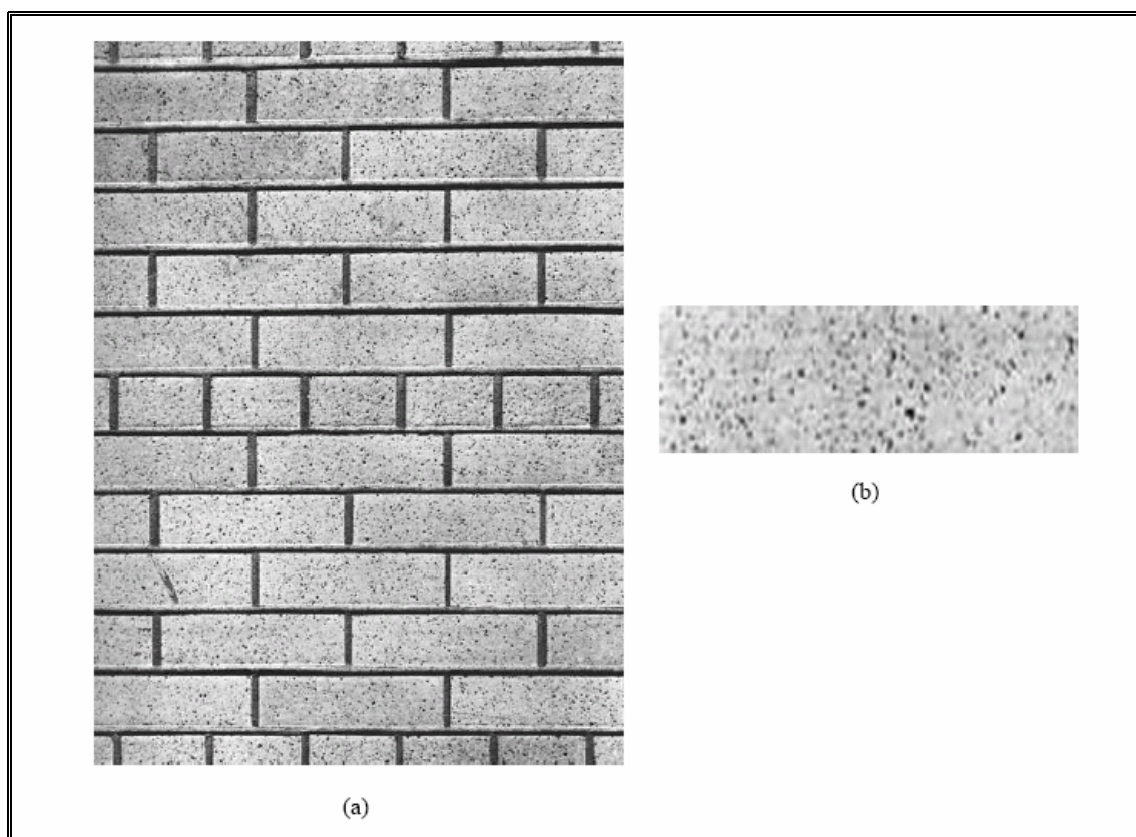


Figura 29 – Imagem da textura dos tijolos

Técnicas utilizando multirresolução para processamento de imagens e sinais têm sido utilizadas há décadas. A necessidade por transformações que levam a uma representação em que as informações espaciais e de frequências estão presentes, tem sua importância reconhecida. A fim de obter tal representação, uma grande variedade de técnicas foram desenvolvidas. Por volta de 1990, surge a primeira ferramenta matemática que fornece uma abordagem mais formal, sólida e unificada, para uma representação em multirresolução, consistindo de uma decomposição multirresolução de sinais em bases ortogonais de funções wavelets de suporte compacto (zero fora de um intervalo fechado). O desenvolvimento de métodos para construir tais funções mostrou-se um aspecto importante da teoria. De fato, o advento de wavelets suaves e compactas deu início à inovação desse ferramental, pois tornou possível computar decomposições precisas com limitado esforço computacional. Isso propiciou o surgimento, em poucos anos, de muitas aplicações em processamento de sinais e imagens, utilizando banco de filtros para

compressão de sons, puderam ser reformuladas em terminologia wavelet, tornando-a uma técnica padrão para processamento de sinais em multirresolução. A figura abaixo mostra a utilização do método Wavelet utilizando a multirresolução.

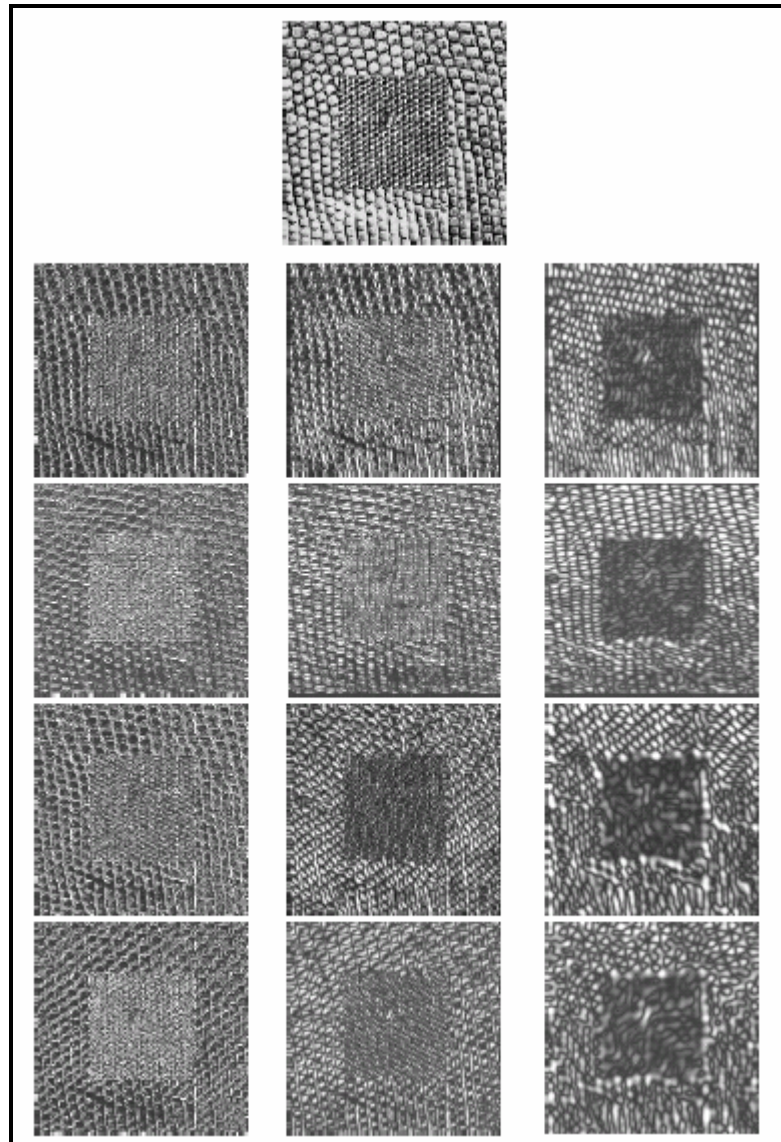


Figura 30- Método Wavelet

10 UTILIZAÇÃO E DESEMPENHO DO MR.SIDTM

10.1 UTILIZAÇÃO DO MR.SIDTM

Após a instalação do software no computador, aparecerá um ícone igual ao ícone abaixo. Segue neste trabalho um exemplo passo - a - passo, exemplificando como seria a compactação de uma imagem tif, e os resultados ta compactação.



Figura 31 – Ícone do Software MR.SIDTM

1) A seguinte interface do programa de conversão MrSID. será apresentada:

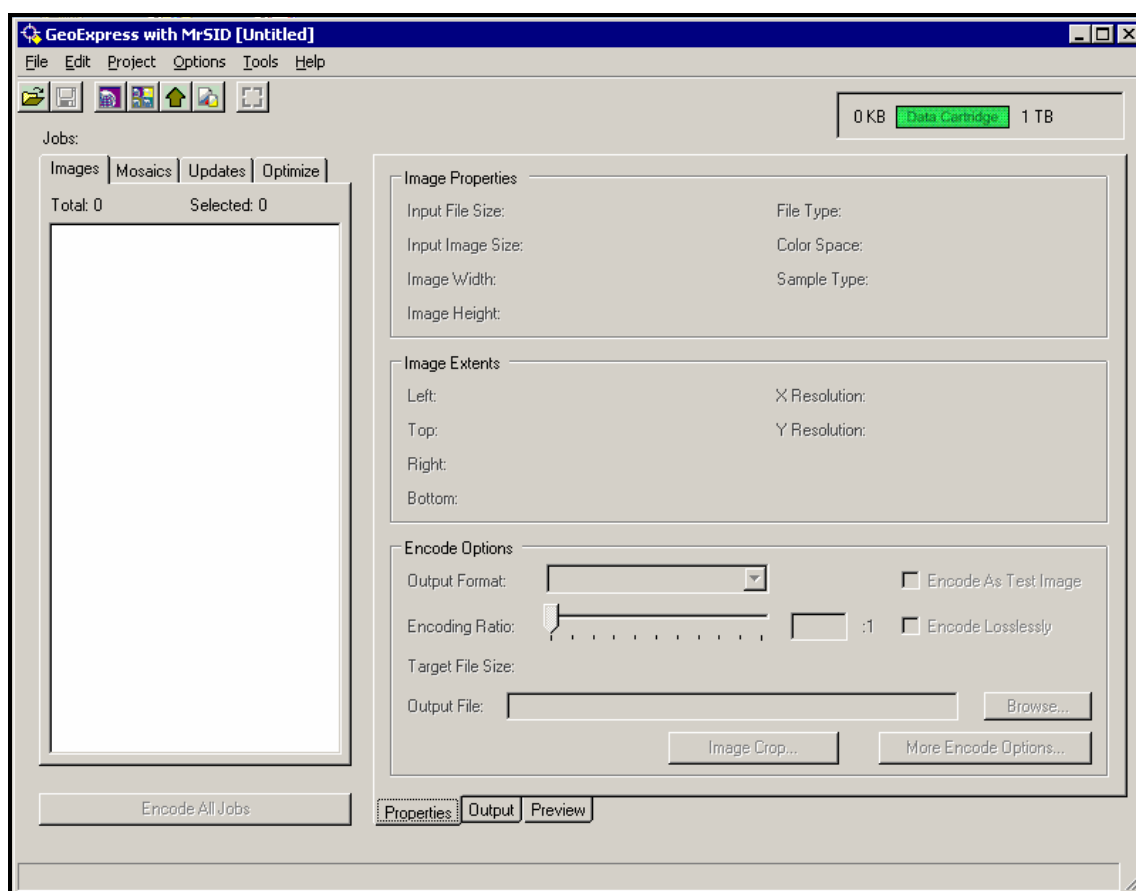


Figura 32 – Tela principal do aplicativo

2) Clique no botão abaixo para adicionar a imagem que será convertida para o formato MrSID.

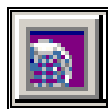


Figura 33 – Ícone no aplicativo para conversão

3) A seguinte tela será apresentada para a escolha do local de armazenamento das imagens:

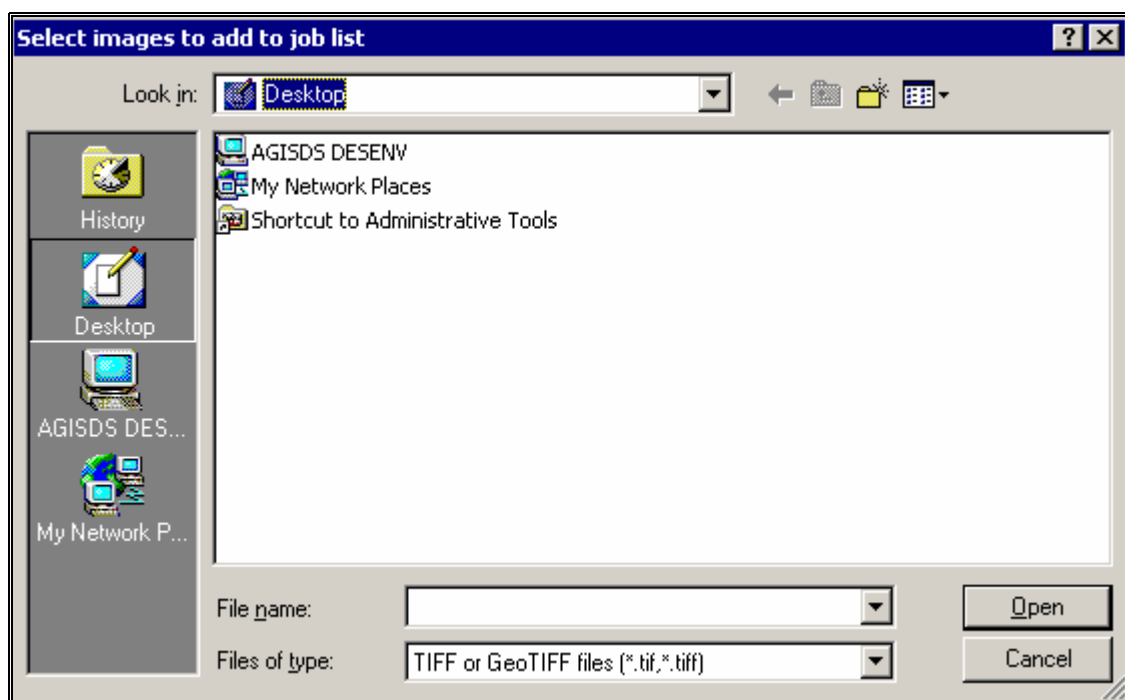


Figura 34 – Tela de seleção de imagens

4) Selecionar o drive E:\ do servidor:

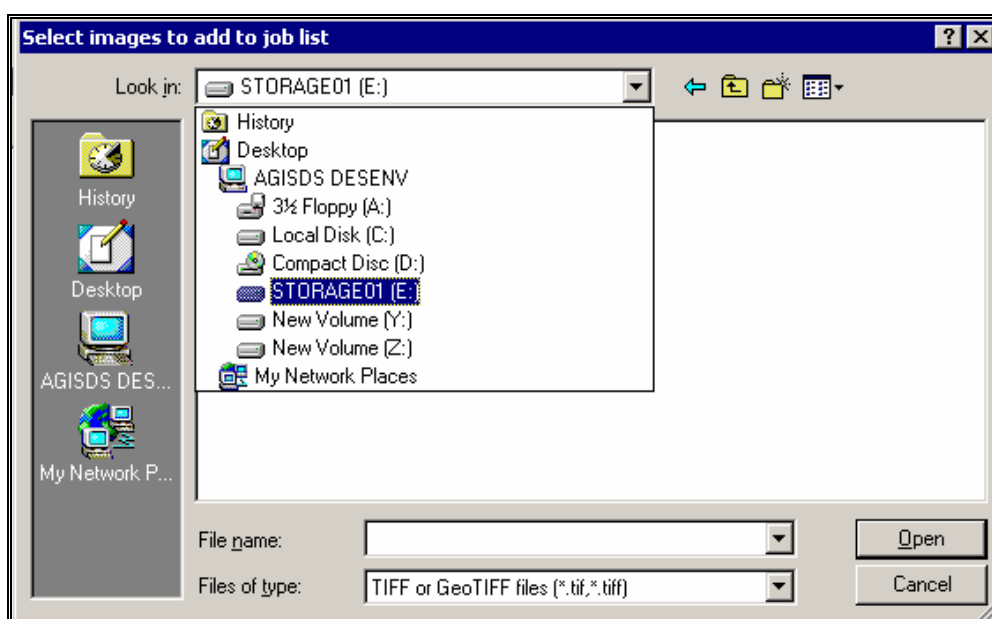


Figura 35 - Tela de seleção de imagens

5) Abrir o diretório GisFurnas:

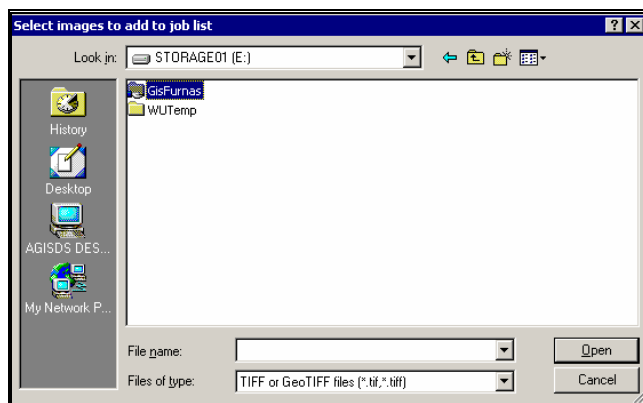


Figura 36 - Tela de seleção de imagens

6) Abrir o diretório Raster, que possui todas as imagens a serem convertidas para o novo formato.

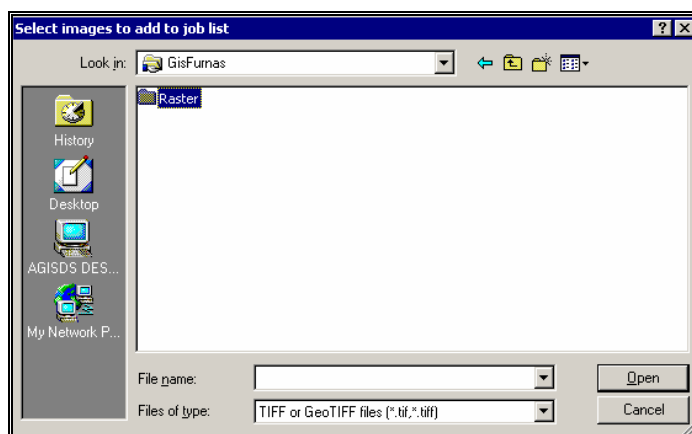


Figura 37 - Tela de seleção de imagens

7) As imagens de satélite estão separadas em diretórios conforme a sua respectiva órbita-ponto.

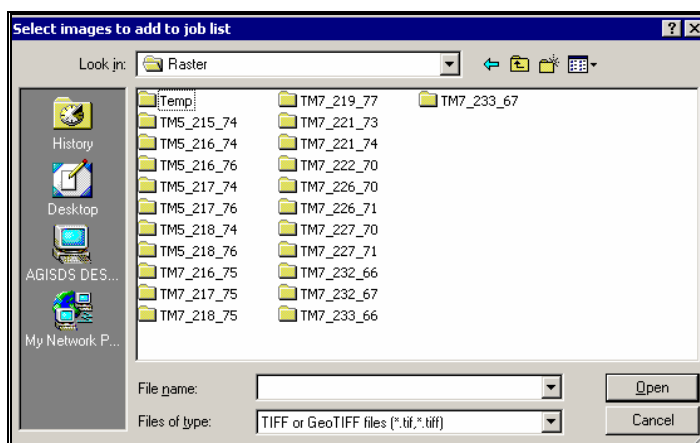


Figura 38 - Tela de seleção de imagens

8) Selecionar as imagens formato *.tif e clicar OPEN.

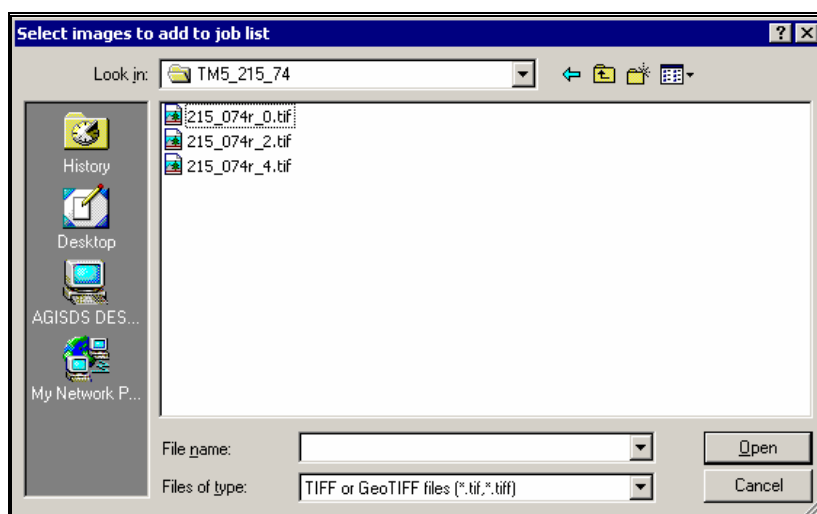


Figura 39 - Tela de seleção de imagens

9) Confirmar que a taxa de compressão está em 1 para 10 e que o novo formato a ser gerado é MrSID Generation 3.

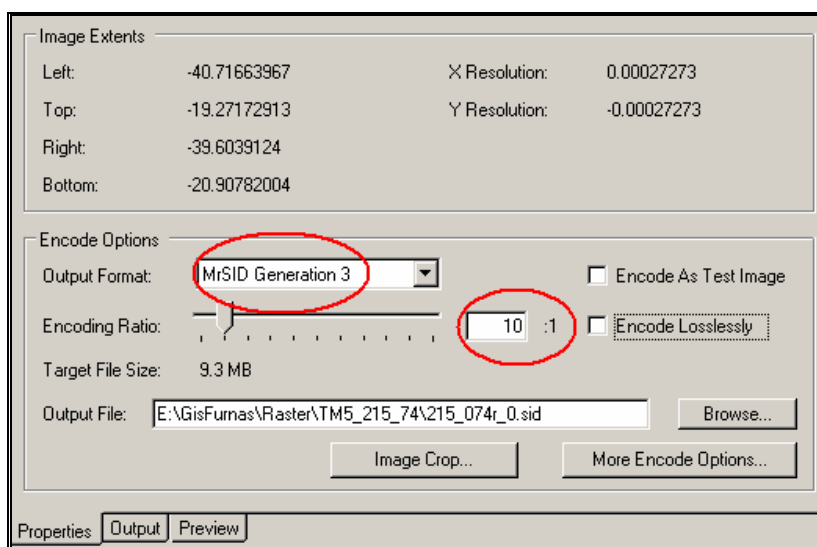


Figura 40 – Tela de configuração para compactação

10) Trocar o diretório de destino da imagem para Imagens_Convertidas

Padrão:

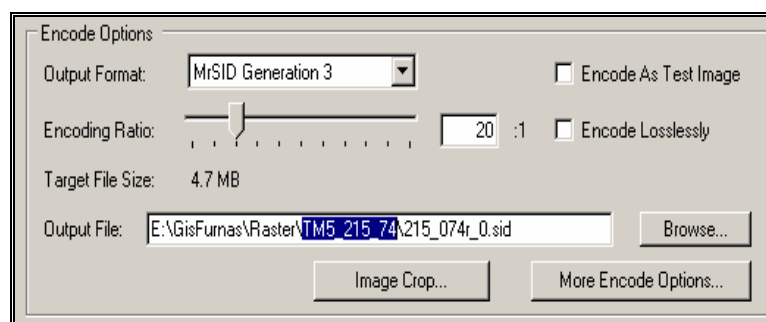


Figura 41 - Tela de configuração para compactação

Alterar para:

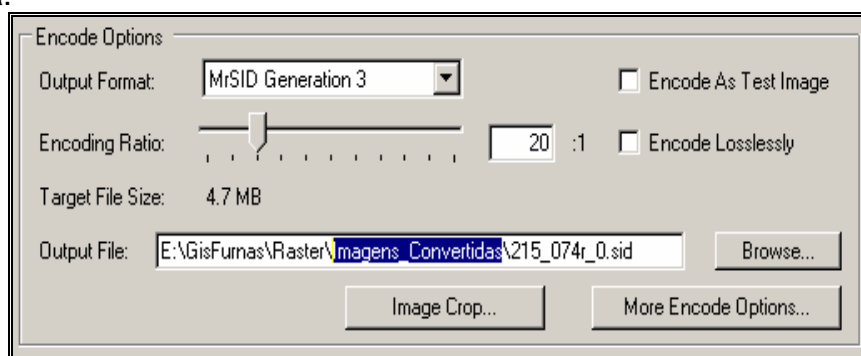


Figura 42 - Tela de configuração para compactação

11) Clicar em Encode Selected Jobs.



Figura 43 - Botão para iniciar processo

12) A tela do processo de conversão em andamento será mostrada:

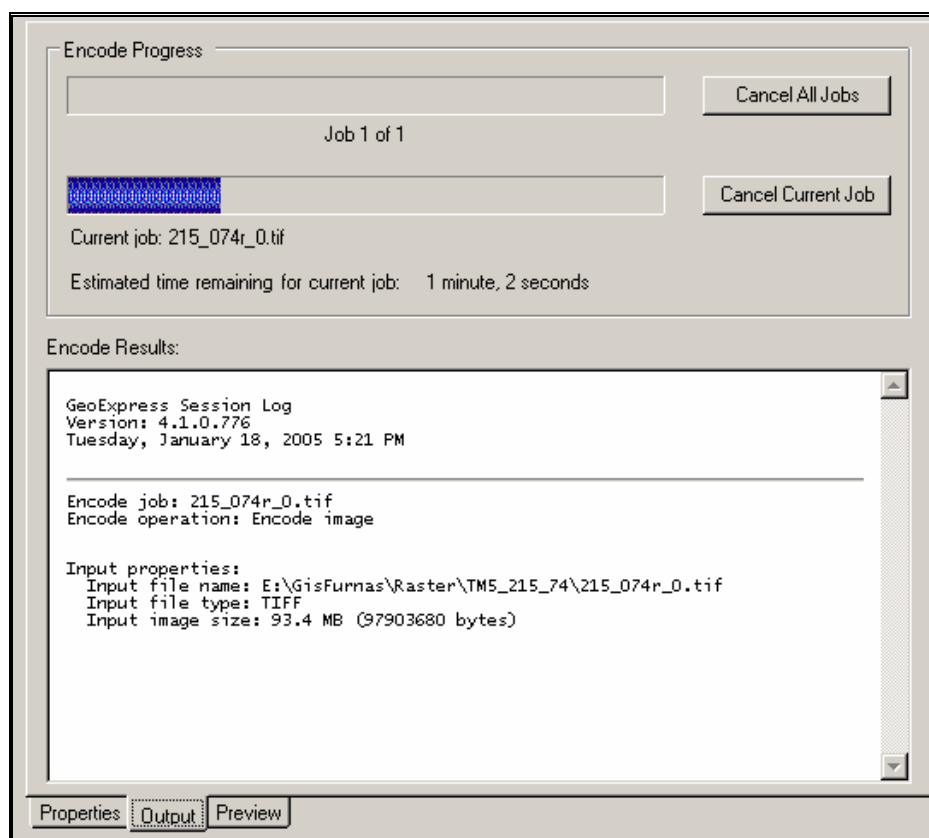


Figura 44 - Tela que indica status do processo

13) Após concluída a conversão será apresentada a tela a seguir:

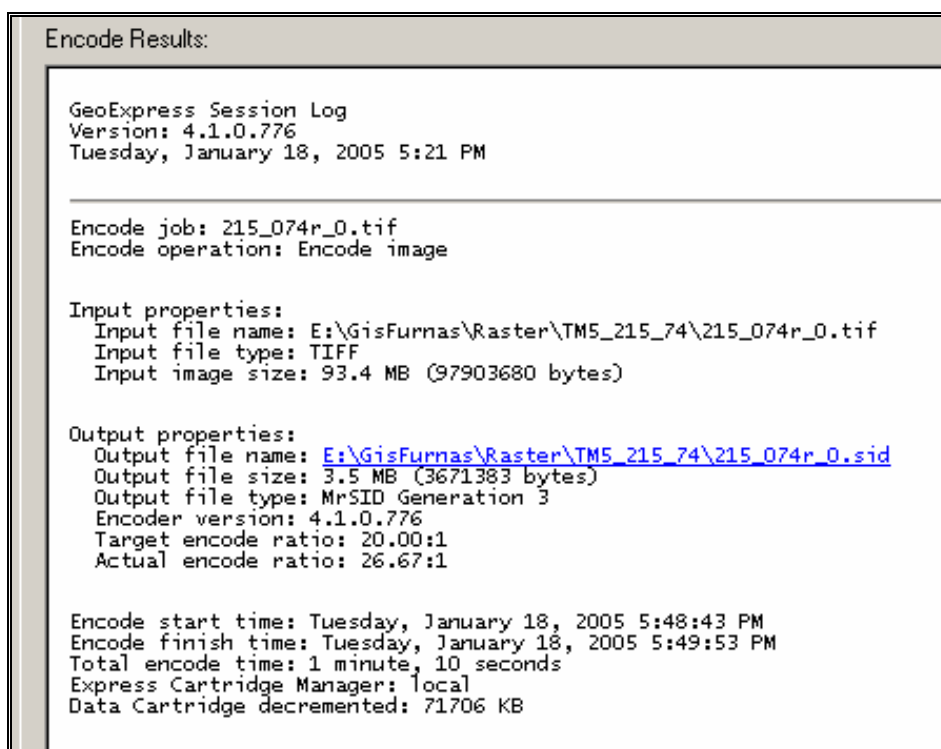


Figura 45 - Tela de finalização e tamanhos alcançados

10.2 DESEMPENHO DO MR.SIDTM

Segundo o geógrafo DANIEL, o problema de armazenamento foi resolvido como apresentado na Figura 44. O principal ponto da pesquisa e de relevância para a adoção da tecnologia, que era a melhora no desempenho de rede, foi alcançada como mostra a imagem abaixo. Comparando com a Figura de número 24 podemos observar que a visualização de uma imagem .SID, imagem esta gerada pelo aplicativo estudado, deixa a visualização muito mais rápida gerando também menos tráfego em rede.

Como o objetivo da pesquisa era apresentar o sistema de informação geográfico GISFURNAS, da empresa Furnas Centrais Elétricas, a técnica utilizada no tráfego em rede de imagens de satélite de alta resolução baseada no software MR.SIDTM realizamos uma medição a fim de quantificar o desempenho da do arquivo .SID gerado pelo software.

Segue abaixo a medição do Software. Observamos o pico de download foi muito inferior ao da Figura 25.

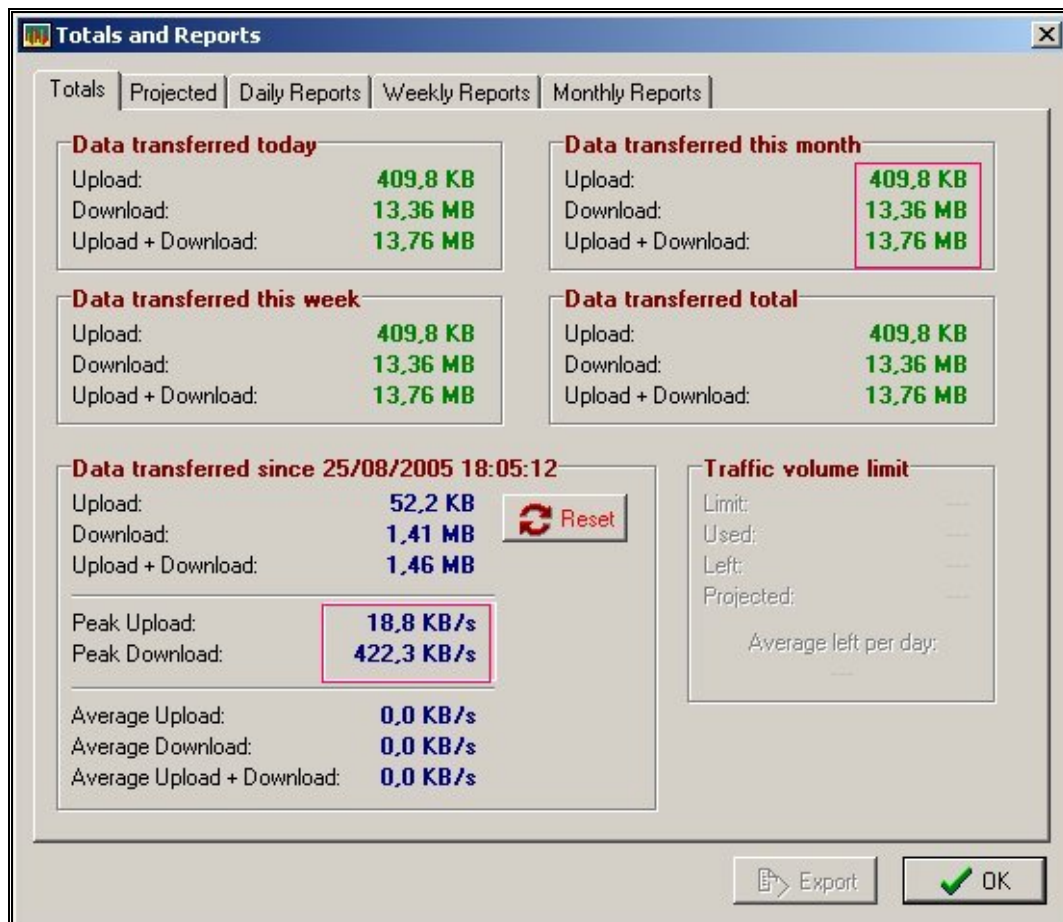


Figura 46 - Software de monitoramento de rede

11 CONCLUSÃO

O trabalho teve o seu objetivo alcançado, pois conseguimos avaliar o tráfego de imagens de satélite de alta resolução a partir de uma compactação feita pelo aplicativo MR.SIDTM.

Com o avanço dos SIG e a integração cada vez mais de imagens de satélite a esses Sistemas de Informações Geográficas, para análise de regiões e problemas, se faz necessária a criação de técnicas que melhorem cada vez mais a utilização desses aplicativos no mundo computacional, tendo a sua importância já aprovada por empresas públicas e privadas.

A chegada no final do trabalho também trouxe a certeza que nem sempre o “upgrade” computacional (hardware) resolve todas as situações, no caso pesquisado, poderia ou não resolver o problema, ainda iria gerar um gasto maior.

Com a utilização do aplicativo pesquisado, conseguimos taxas de transferência de arquivos excelentes. O tempo de resposta da aplicação, no caso o GISFURNAS, foi satisfatório. Principalmente levando em consideração que a empresa atua em âmbito nacional, e nem sempre estaria em uma rede local, onde a velocidade seria maior que os “links” Internet que ligam o escritório central a pontos afastados do Rio de Janeiro.

Também foi gerado através dessa pesquisa, uma contribuição para o mundo acadêmico, de sistemas de informações geográficas utilizadas no mercado com sucesso e excelente desempenho.

12 BIBLIOGRAFIA

- ARONOFF, S. **Geographic information systems: a management perspective**. Canadá: WDL, 1989. 294 p.;
- ASSAD, E.D.; SANO, E.E. **Sistemas de Informações Geográficas - Aplicações na Agricultura**. Brasília, EMBRAPA, 1998 (2z. edição);
- CÂMARA, G.; CASANOVA, M.A.; HEMERLY, A.; MEDEIROS, C.M.B.; MAGALHÃES, G. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. SBC, X Escola de Computação, Campinas, 1996;
- CARVALHO-FILHO, L. M. **Pré-processamento: conexão entre aquisição e geoprocessamento dos dados, com vista à entrada de dados em SGIs**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro / Departamento de Geografia / Programa de Pós-graduação em Geografia., 1995. 200 p. Dissertação de mestrado;
- SHIMABUKURO, Y. E. et al. **Estimativa da área de cobertura florestal afetada pelo incêndio em Roraima, utilizando dados de multi-sensores**. Relatório Técnico Interno, INPE. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), no prelo;
- TANENBAUM, Andrew S., 1944 – **Rede de Computadores** / Andrew S. Tanenbaum; tradução Vandenberg D. de Souza. – Rio de Janeiro: Campus, 2003;
- THO1998 THOMÉ, R.; **Interoperabilidade em Geoprocessamento: conversão entre modelos conceituais de sistemas de informação Geográfica e Comparação com o Padrão Open GIS**. Dissertação de mestrado em Computação Aplicada, INPE, São José dos Campos, setembro, 1998;
- XAVIER-DA-SILVA, J.; SOUZA, M. J. L. **Análise Ambiental**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 1988. 200 p.;
- CABRAL, Pedro da Costa Brito; **Sistemas Espaciais de Apoio a Decisão**, Universidade Técnica de Lisboa, Maio de 2001;
CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira; **Conceitos Básicos em Ciência da Geoinformação**, INPE , 2001;
- PAGAMISSE, Aylton; **Discriminação de Texturas Pela Transformada Wavelet** - Tese apresentada ao Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica, UNICAMP, como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Matemática Aplicada, SP, 2005;
- TAURION César - **Pensando em Armazenamento**
http://www.hdsinfo.com.br/pdf/doc_tec/armze.htm; acesso dia 17/04/2005 – 14:00;
- FatorGis, **Grupo especializado em informações GEO:**
URL: <http://www.fatorgis.com.br>; acesso dia 17/04/2005 – 14:00.